



ИНЖЕНЕРНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
БИБЛИОТЕКА.



627.82^v АНИСИМОВ, Н. И., инж.-стр.

а-67

М

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

ПО УСТРОЙСТВУ

ПЛОТИН

НА РЕКАХ.

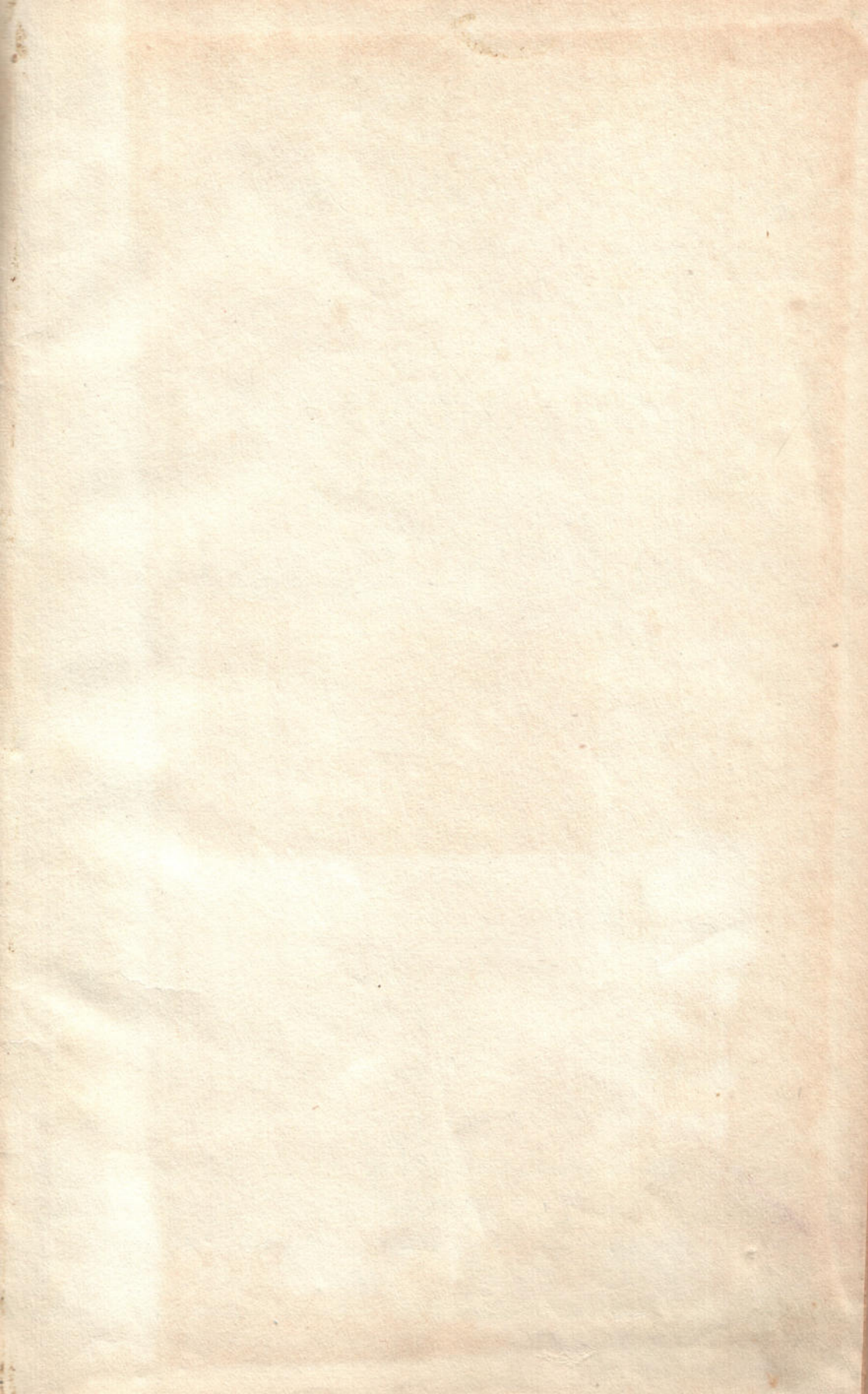
1979
Партийная организация
Института в Копен



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО.

Москва — 1927 г.

1979



АНИСИМОВ, Н. И., инж.-стр.

у 627,82
а-67

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

ПО УСТРОЙСТВУ

П Л О Т И Н

Н А Р Е К А Х.

проверено
1966 г.

С 128 рис. в тексте.



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО.

Москва — 1927 г.

О Г Л А В Л Е Н И Е.

	Стр.
Глава первая. Общие соображения	4
§ 1. Рассмотрение проекта перед приступом к строительным работам	4
§ 2. Общие соображения об организации работ	5
Глава вторая. Заводские заказы	7
Глава третья. Заготовка материалов	8
§ 1. Каменные материалы	8
§ 2. Цемент	13
§ 3. Лесные материалы	13
Глава четвертая. Последовательность работ по устройству плотин	14
Глава пятая. Перемычки	15
§ 1. Деление на очереди	15
§ 2. Высота перемычки и расположение в плане	19
§ 3. Условия службы перемычки	20
§ 4. Типы перемычек	21
§ 5. Выбор типа перемычки	44
Глава шестая. Водоотлив	45
Глава седьмая. Земляные работы	56
Глава восьмая. Свайные работы	63
Глава девятая. Бетонные работы	67
§ 1. Общие соображения	67
§ 2. Наиболее экономичный состав бетона требуемого сопротивления	70
§ 3. Ручное приготовление бетона	74
§ 4. Машинное приготовление бетона	74
§ 5. Укладка бетона	76
§ 6. Пластичный или жесткий бетон	77
§ 7. Затрата рабочей силы и стоимость одного куб. метра бетона	78
§ 8. Бетонные работы в тепляках	79
§ 9. Удорожание бетонных работ, вносимое тепляками	87
§ 10. Облицовка бетонных поверхностей	88
§ 11. Данные для расчета бетонных форм на горизонтальное давление остова	92
§ 12. Стоимость одного куб. метра бетона выстроенных плотин	93
Глава десятая. Временная силовая станция	94
Глава одиннадцатая. Переходная перемычка по готовому флютбету	100
Глава двенадцатая. Уборка котлованов и удаление перемычек	104
§ 1. Общие соображения. Удаление перемычки с песчаной нагрузкой	104
§ 2. Выдергивание свай	105
Глава тринадцатая. Оборудование работ строительным инвентарем	110
Глава четырнадцатая. Накладные расходы и порядок составления сметы	112
Глава пятнадцатая. Краткие сведения о производстве работ по постройке плотин в Америке	115
§ 1. Земляные работы	115
§ 2. Подготовка основания	116
§ 3. Выбор материала	117
§ 4. Бетонные работы	117
§ 5. Циклоническая кладка	118
§ 6. Оборудование работ	119
§ 7. Деррики	119
§ 8. Канатные краны	120
Глава шестнадцатая. Составление ориентировочных производственного и финансо- вого плана работ по постройке плотин	126

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Предлагаемая работа является кратким систематическим изложением основных вопросов производства работ по постройке плотин на реках, с попутным освещением изложенного на многих примерах, взятых преимущественно из практики русского плотиностроения.

Наиболее полно освещены примеры, касающиеся сооружений на р.р. Сев. Донце и Шексне, что связано с собственной практической деятельностью автора за период времени с 1911 г. по 1926 г.

Сведения о перемычках с песчаной загрузкой помещены для более целостного изложения вопроса о перемычках.

При этом данные о потребных материалах и рабочей силе на приготовление перемычек указанного типа сведены в таблицы, пригодные для быстрых предварительных подсчетов стоимости перемычки той или иной высоты при имеющихся сведениях о ценах на рабочую силу и материалы.

Краткие сведения о производстве работ по постройке плотин в Америке касаются лишь тех вопросов, которые представляют практический интерес в современных русских условиях.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить глубокую благодарность моим товарищам по совместной практической работе (1922—1924 г.г.) инженерам Б. И. Холодовскому и И. Н. Кострову за их труд по накоплению материалов, частично использованных мной при составлении некоторых глав труда.

Автор.

Перепечатка без разрешения Гостехиздата не допускается.

Воспроизведение чертежей, фотографий и отдельных мест текста настоящего труда без ссылки на источник не разрешается.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Общие соображения.

§ 1. Рассмотрение проекта пред приступом к строительным работам.

Изыскания пред постройкой плотины имеют целью съемку местности в горизонталях, промеры глубин по нескольким профилям на интересующем участке, определение расходов и скоростей течения воды в реке в различное время года за несколько лет, а также горизонтов и продолжительности ледохода и ледостава, определение геологического разреза по оси плотины и строительной характеристики грунтов основания (устойчивость грунтов, размываемость, сжимаемость и водоупорность, тип основания, а также положение грунтовых вод на подпираемом участке реки и проч.).

Эти исследования имеют громадное значение и ни одно сколько-нибудь значительное сооружение не должно возводиться до получения ясных и удовлетворительных ответов по указанным вопросам.

Однако, наша практика рассмотрения и осуществления проектов показывает, что перед приступом к работам обычно слабо освещены геологическая сторона исследований, вопросы грунтовых вод и строительной характеристики грунтов основания. Трудно предъявлять полностью указанные требования к каждому значительному сооружению; они могли бы быть ослаблены при наличии компетентного заключения на месте работ.

Обычно же недостаточно освещенные вопросы вместе с проектом попадают в руки строителя, которому и приходится производить дополнительные исследования и иногда сильно менять проект в зависимости от новых данных исследований.

Хотя каждый проект должен сопровождаться реальной сметой на осуществление его, однако, современная практика прохождения проектов обычно отмечает сильное расхождение сметной суммы с действительно потребной.

Дело в том, что в проекте обычно отсутствуют важнейшие сведения об условиях получения на месте работ различных строительных материалов, их качестве и стоимости, а также об условиях получения на месте рабочей силы по квалификации в различное время года.

Эта группа изысканий носит название строительных изысканий, приобретающих исключительное значение в случае большого сооружения, позволяя составить обоснованную смету.

К сожалению, эти изыскания обычно ведутся по закончании проекта или во время проектирования, чаще же всего одновременно с приступом к строительным работам.

Дело в том, что изыскания технические ведутся одним кругом лиц-изыскателями, а строительные изыскания должным образом может провести лишь строитель.

Практически получается неизбежность крупных изменений в смете, а иногда и в проекте, как только последний начинает получать осуществление.

Отсюда приходим к заключению, разделяемому видными инженерами-изыскателями, что крупнейшие изыскания, преследующие составление и осуществление проектов гидротехнических сооружений, должны возглавляться строителями; лишь тогда исследования будут строго проведены по целевому признаку и в кратчайший срок, и будут лишены тех крупных дефектов, о которых сообщено выше.

Далее, законченный проект, попадая в руки строителя, подлежит пересмотру с точки зрения производства работ. При этом может оказаться, что некоторые части конструкций подлежат упрощению и изменению (например, по условиям транспорта или по замене конструкции основания сооружений, и проч.).

Календарный план выполнения работ, даже ориентировочный, составленный опытным строителем на основе реальных данных с места, может сильно корректировать сметную сумму (выявляются дополнительные расходы в связи с необходимостью маневрирования рабочей силой, точнее определяются расходы на служащих, временные сооружения и проч.).

Лишь перед приступом к осуществлению проекта становится ясным, на какую сумму можно рассчитывать получением. Обычно эта сумма меньше сметного итога по проекту, что также может вызвать пересмотр проекта в целях всемерного удешевления конструкций при сохранении технической целесообразности.

Последнее получает особое значение в русских условиях при осуществлении проекта гидростанций, когда приходится изыскивать все меры к снижению стоимости 1 квт/ч. выработанной энергии, что нередко является условием постройки гидростанций.

§ 2. Общие соображения об организации работ.

Плотина устраивается обычно одновременно с судоходным шлюзом, головой ирригационного канала или гидроэлектрической станцией.

Можно представить себе случай, когда в постройке находится целый ряд указанных групп сооружений (шлюзование реки с устройством ряда шлюзов и плотин, ряд гидроэлектрических станций на реке и др.).

В этом последнем случае является ряд вопросов, касающихся предприятия в целом, а именно: организация производства работ из единого центра, снабжение материалами и оборудованием, техническое руководство из единого центра.

Прежде всего надо решить, намечается ли исполнение работ хозяйственным способом или подрядным. По этому поводу уместно привести следующие соображения.

В довоенных условиях ведение крупных гидротехнических работ солидным инженером-контрагентом всегда было предпочтительным, ибо заранее позволяло установить размеры затрат, потребных для постройки сооружений. Все сводилось при этом к жесткости договора с подрядчиком; контрагент же, связанный суммой подряда и сроками, достигал выполнения договоров простейшей организацией работ, подбором энергичных организаторов-производственников и сведением к минимуму накладных расходов.

Последнее достигалось двумя путями: от каждого сотрудника требовалась максимальная работа, которую он мог дать при наличии поощряющих стимулов (высокие оклады, % с прибыли, награды), ответственным работникам оказывалось полное доверие при ведении ими работ и давались все полномочия. При таких обстоятельствах число сотрудников сводилось к самому незначительному, а эффект напряженной работы обычно был высок.

Конечно, доверенный контрагента отвечал за неумелое, бесхозяйственное ведение дела лишь своим добрым именем, хотя бы при этом и был нанесен ущерб подрядчику.

Однако, контрагенты страховались от подобных случаев тщательной проверкой своих служащих в низших рядах, с постепенным увеличением полномочий по мере удачной службы. Во всяком случае жизнь показала, что таковые взаимоотношения выгодны для обеих сторон.

При казенном хозяйственном способе производства работ затраты были значительно больше в связи с необходимостью соблюдения всех формальностей, совершенно ненужных и необязательных для подрядчика, а также вследствие отсутствия надлежащих стимулов у казенных инженеров к энергичной работе при неизменно-постоянном размере заработка (довоенное время).

К тому же незначительные полномочия производителей работ, а также недостаточные права начальника работ, создавали волокиту и удорожание работ. Дальнейшие условия службы казенных инженеров не способствовали накоплению у них строительного опыта (перевод на эксплуатацию и проч.); новые работы начинались нередко при новом составе инженеров, ничем не зарекомендовавших себя в строительстве.

В силу отмеченного, попытки вести крупные гидротехнические работы хозяйственным способом кончались иногда печально.

В условиях 1922—1924 г.г. при переменчивой финансово-экономической конъюнктуре и неокрепших государственных подрядчиках (госуд. строит. конторы) весьма трудно было связывать себя жесткими договорными отношениями, вследствие чего единственно целесообразный способ ведения работ в таких условиях—это хозяйственный.

За указанный период водное строительство, объединенное в центре, осуществлялось хозяйственным способом с привлечением лиц, получивших стаж на гидротехнических работах до революции.

С 1925 г., в связи с децентрализацией водного строительства с одной стороны и с укреплением форм хозяйственной жизни с другой стороны, подрядный способ стал принципиально предпочтительней.

Однако, до сего времени не сформировалось ни одного государственного подрядчика, который смело приступил бы к постройке солидных гидротехнических сооружений за нормальную сметную сумму. Поэтому, практически пока выгоднее обращаться к опыту отдельных гидротехников, поручая им хозяйственный способ ведения дела с подбором нужных лиц. Однако, такой путь требует от хозяйственных органов осведомленности в вопросах не их компетенции.

Совершенно очевидно, что в ближайшее время, по мере усиления строительных контор, последние проявят больше смелости в отношении постройки солидных гидротехнических сооружений, конкурируя с умелым хозяйственным способом и разгружая ведомства, города и промышленные объединения от добавочных хлопот и затруднительных положений.

В довоенное время каждый опытный строитель располагал сведениями о возможности получения рабочей силы той или иной квалификации из различных губерний.

Так, лучшие землекопы всегда считались южновские (сухой и мокрый грунт), обоянцы (сухой грунт), куряне (тоже), менее искусные, но выносливые при работе мокрых грунтов—казанские татары, мордва, чуваш.

Лучшие каменщики и каменотесы—тверские, орловские и калужские; лучшие ломщики камня в каменоломнях—турки (на юге) и финны (на северо-западе).

Хворостяные и фашинные работы искусно ведут куряне, а также донские и терские казаки.

Лучшие работники при забивке свай—черепане и рязанцы; последние предпочтительны также при устройстве барakov, сараев, навесов и прочих грубых плотничных работах.

Однако, более аккуратная работа требует применение тверяков, костромичей, калужцев и черепан.

Плотники, специалисты по деревянным гидротехническим сооружениям—черепане, андогцы и белозерцы.

Лучшие конопатчики—олонецкие.

Сухая кладка искусно ведется казаками донецкими, донскими и терскими, а также калужцами и орловцами.

Надо добавить, что сведения о казаках удавалось использовать лишь при ведении работ на их территории; казаки в отхожий промысел не уходили.

Указанные сведения в условиях довоенных играли весьма важную роль, способствуя установлению высокого качества работ и повышенной производительности, что всегда окупало издержки на переезды и повышенную оплату труда.

В современных экономических условиях, когда прежде всего необходимо заинтересовать работами местное население, роль указанного фактора значительно ослабла.

Однако, при ведении крупных работ и при наличии стремления улучшить их качество и в нынешних условиях необходимы хотя бы небольшие ячеики действительных специалистов в качестве опорных групп для гарантии успешного ведения работ. Последнее фактически имеет место на всех крупных работах СССР. В связи с резко осознанной необходимостью улучшения качества работ, роль указанного фактора вновь восстанавливается.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Заводские заказы.

Каким бы способом ни вести работу по постройке плотины, подрядным или хозяйственным, в одинаковой мере надо считать себя связанным сроками выполнения заводских заказов на изготовление металлических конструкций, механизмов, а также на поставку электромеханического оборудования (электромеханическое оборудование шлюзов, плотин, гидроэлектрических станций).

Поэтому первый шаг в начале организационного периода строительных работ—это выявить заводские заказы, формулировать их и сдать заводам для исполнения.

Необходимо отметить, что заказы на металлические клепаные конструкции и механизмы выполнялись и выполняются весьма не скоро по сравнению с достижимым темпом строительных работ, а именно: 5—9 месяцев в довоенное время и 6—10 месяцев в настоящих условиях, с каковыми сроками строитель должен сообразоваться при составлении плана производства работ. Водяные турбины требуют одного года для первого комплекта и по 1 месяцу для следующих тех же размеров и конструкций.

Что касается поставки электромеханического оборудования, то при заказах приходится считаться минимум с полуторагодовым сроком в условиях 1926 года (генераторы, и проч.).

Нижеприводимая таблица указывает, что современные цены на металлические изделия в червонных рублях в несколько раз превосходят таковые, исчисленные в довоенное время в довоенных рублях.

НАЗВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ	Цена за пуд в рублях		
	1911 г.	1924 г.	1925 г.
I. Ферма Поаре со сборкой,—но без установки	3	11	10
II. Металлические щитовые затворы (клепаные конструкции) . . .	4	12	10
Подъемные механизмы	6	—	16—18
III. Напорные трубы (железные клепаные):			
D = 3—4 м цилиндрич. участки	—	—	8
Криволинейные участки	—	—	12
IV. Мачты электропередачи (желези. клепаные)	—	—	6

Цены 1911 года относятся к сооружениям р. Сев. Донца.

„ 1924 года—к Черепановской плотине на р. Шексне.

« 1925 года—к сооружениям Земо-Авчальской Гидроэлектрической Станции.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Заготовка материалов.

§ 1. Каменные материалы.

Стоимость каменных материалов входит весьма значительным слагаемым в сметную сумму на постройку современной плотины постоянного типа.

Поэтому умелый выбор камня надлежащего качества в карьере, наиболее пригодном с точки зрения хозяйственной, представляет задачу особой важности.

Если на чем-либо можно достигнуть экономии, так это прежде всего на заготовках материалов, из которых на первое место и должен быть поставлен камень.

По геологическим картам и описаниям инженер может ориентироваться до известной степени, с какими породами он будет иметь дело в данной местности (см., напр., карту месторождений каменных строительных материалов с приложением таблиц механических испытаний А. Н. Генслера, изд. 1925 г.). При подобных изысканиях приходится иметь дело непосредственно с горными породами, как строительными материалами.

Прежде всего необходимо знать в общих чертах условия залегания породы в карьере, ее однородность или распределение слоями; в последнем случае нужно знать мощность отдельных слоев.

Далее необходимо исследовать породу на сопротивляемость механическим факторам, которым она может подвергаться в сооружении. Нужна оценка способности породы к обработке. Эти испытания производятся в механической лаборатории.

Наконец, нужно исследовать свойства породы, определяющие степень сопротивления выветриванию, что потребует знания минералогического состава породы, ее структуры, связи между отдельными зернами, пористости, степени насыщаемости и размягчения водой и сопротивления влиянию мороза (облицовка).

Однако, предварительно необходимо произвести геологические исследования в каменоломнях, совершенно необходимые для строительно-технических целей.

В осадочных породах отдельные слои представляют различную мощность и неодинаковые петрографические качества.

Изверженные породы в отдельных частях обнаруживают также неодинаковые структурные особенности, пористость, сланцеватость и т. д.

Эти колебания в свойствах различных частей пород раскрываемых каменоломней влияют на способность породы сопротивляться выветриванию.

Очевидно, каждая каменоломня может давать материал весьма неодинаковых качеств, так что совершенно ошибочно судить о материале по тем случайным пробам, которые доставляются из каменоломней заинтересованными лицами. Необходим подробный осмотр карьера и исследование пород из всех обнаруженных отдельных его частей.

Материал, показывающий прекрасные результаты при испытании отдельных кубиков, может оказаться совершенно негодным в больших глыбах.

Посторонние примеси в породах, в особенности при различных их химических свойствах (например, серный колчедан), могут резко ухудшить технические качества породы.

Твердость и прочность пород могут быть грубо определены в карьерах стальной иглой и ударами молотка.

Различный характер излома пород может обнаружить неодинаковые качества слоев, которые казались совершенно однородными. Необходимо внимательное рассмотрение характера отдельности и трещиноватости породы, которые нарушают цельность и связность породы, что нужно знать для соображений о наиболее выгодных приемах добычи.

Все минералы до известной степени растворимы в воде, содержащей угольную кислоту, при чем растворимость их повышается с уменьшением величины зерен.

Легче всего растворяются карбонаты и сульфаты.

Растворяющее действие метеорной воды на известняки и доломиты обнаруживается лишь в течение столетий.

Если же карбонаты являются связывающим веществом в обломочных породах, например, песчаниках, то даже очень слабое растворение может повести к заметному изменению прочности породы.

Совершенно очевидно, что пористые известковистые песчаники мало пригодны для гидротехнических сооружений (бутовая кладка). Необходимо избегать применения пород, уже заметно тронутых выветриванием, ибо процесс пойдет ускоренным порядком. Начало выветривания легко определить в карьере при помощи лупы: мутный вид, меньшая твердость минералов (полевые шпаты, роговые обманки), охристая окраска поверхности (осадочные породы).

Все горные породы, даже наиболее плотные, обладают известной пористостью, а, следовательно, влагоемкостью.

Вода, замерзая в порах, может вызвать разрушение породы при отсутствии свободного пространства для расширения льда. Следовательно, даже при очень высоком коэффициенте пористости, напр., в породах грубопористых, нещеристых, разрушения может и не быть.

Облицовка гидротехнических сооружений подвергается постоянному влиянию воды.

Поэтому облицовка около уровня воды (в пределах колебания уровня) обнаруживает разрушение от мороза более сильное, чем по лабораторным испытаниям, а части сооружения под водой совершенно не подвергаются влиянию мороза.

Влияние мороза является одной из наиболее важных причин выветривания пород и очень часто камни, выдерживающие тысячелетия в южных странах, разрушаются в условиях нашего климата в течение десятилетий.

Породой менее прочной в отношении влияния мороза всегда из двух одинаковых пород является тонкопористая, плотная, так как насыщение такой породы водой происходит под влиянием капиллярности, а в грубопористой эта причина исключается.

Подробное рассмотрение отдельных горных пород, как строительных материалов, не входит в нашу задачу (см. Богданович. Каменные строительные материалы). Упомянем только, что составление проекта без данных о временном сопротивлении камня может затем потребовать изменения проекта после строительных изысканий, может обнаружиться несоответствие допускаемого напряжения для найденного камня с принятыми напряжениями в кладке по проекту.

Ограничившись изложенным, мы могли бы допустить ошибку в оценке карьера, ибо до сих пор мы приводим соображения преимущественно о качестве породы.

При выборе карьера необходимо исследовать естественные и искусственные выходы горной породы, выяснить, какие части породы находятся в благоприятных условиях по форме залегания породы и ее отдельности, величину вскрыши, характер и количество отброшенного материала, мощность отдельных пластов, их залегание, трещиноватость, характер выветривания и проч.

Только при таком осмотре можно правильно выбрать материал для испытания. При сравнении карьеров надо помнить, что удорожание 1 куб. м выломанного камня вследствие наличия вскрыши равно $C = (s_1 + s_2 \cdot l) \cdot \frac{h}{d}$, где h — толщина вскрыши, d — толщина вырабатываемого пласта камня, s_1 — стоимость удаления 1 куб. м вскрыши и s_2 — стоимость отвозки 1 куб. м вскрыши на 100 м, l — число сот метров в расстоянии отвозки.

При взятии проб целесообразно давать набросок карьера в плане и разрезах, с показанием мест и номеров взятых проб, а также мощности слоев породы.

Самые пробы надо брать в кусках с наименьшей степенью их обработки, чтобы можно было приготовить кубики для испытания. Каждая цифра, характеризующая

сопротивление образца, выводится в лаборатории по меньшей мере из шести образцов. При испытании на мороз и насыщение водой (облицовка) надо иметь не менее 25 образцов.

Изложенного недостаточно для правильного выбора карьера.

Дело в том, что нередко лучший карьер по качеству материала приходится или вовсе отбрасывать или отводить его на второстепенное положение, если условия его разработки и использования крайне стеснительны: неудобства при разработке, отсутствие складочных площадей, неудобство транспортировки материалов к месту работ и проч.

Так, при постройке плотины и шлюза № 7 на р. Сев. Донце (хутор Красный) был избран Гундоровский карьер, лежащий в 16 верстах выше сооружения с тем, чтобы доставлять камень с удобством вниз по реке.

Однако, при разработке оказалось, что карьер имеет малую складочную площадь; к тому же обмеление реки летом ухудшило условия доставки камня из карьера (недогруз баржей вызвал серьезные перерасходы).

Пришлось развить работы в Мало-Каменском карьере, расположенном в 4 верстах от сооружения. Подвозка производилась по рельсовым путям (дековильки) деревянными вагонетками, вмещавшими до 1,50 куб. м камня каждая.

Необходимо отметить, что Мало-Каменский карьер и Гундоровский найдены были одновременно, при чем первый был принят второстепенным в виду кажущихся преимуществ второго, расположенного на берегу реки, вверх по течению.

Однако, если бы не набитый в карьере щебень, Гундоровский карьер был бы заброшен гораздо раньше.

В заключение приведем сведения о стоимости выломки и доставки камня на склад к сооружению в довоенное время и в современных условиях:

а) Гундоровский карьер.

- | | |
|---|------------|
| 1) Попенные станице за каждую 1 куб. саж. камня . . . | — р. 75 к. |
| 2) Выломка 1 куб. саж. камня | 5 „ — „ |
| 3) Доставка 1 куб. саж. камня к сооружению на баржах, грузоподъемность коих не использована из-за мелководья (включая расходы на устройство баржей) . . . | 30 „ — „ |

Всего . . . 35 р. 75 к.,

а на 1 куб. м 3 р. 70 к.

б) Мало-Каменский карьер (песчаник с высоким временным сопротивлением сжатию, стойкий против морозов, но все же негодный для облицовки, так как не поддается обработке правильными рядами):

- | | |
|---|---------------------|
| 1) Попенные станице | 2 р. за 1 куб. саж. |
| 2) Выломка | 5 „ „ „ „ „ |
| 3) Доставка (с нагр. и выгрузкой) | 11 „ „ „ „ „ |
| 4) Расходы на устройство и содержание пути, отнесенные к 1 куб. саж. вывезенного камня. . | 2 „ „ „ „ „ |

Всего . . . 20 р.

или кругло 2 р. за 1 куб. м.

в) Богдановский карьер на р. Сев. Донце обслуживал плотину № 6 (хутор Н. Сазонов). Расположен в 4 в. от сооружения № 6, вверх по реке. Карьер имеет прекрасную почти горизонтальную широкую площадку у подножия разрабатываемых скал, с легким надением к реке.

Карьер весьма удобен для развертывания работ с обилием места для складывания камня: был оборудован рельсовыми путями. Выломка камня велась турками по 4 р. 50 к. за 1 куб. саж., доставка камня обходилась, включая нагрузку и выгрузку в баржу и из баржи $2 + 4 + 2 = 8$ р.

Попенные — 1 руб. за куб. саж., а всего $1 + 4,5 + 8 = 13$ р. 50 к. за 1 куб. саж., или 1 р. 39 к. за 1 куб. м.

Богдановский карьер давал также хорошую облицовку (песчаник), удовлетворявшую всем требованиям при испытании.

Облицовка с грубой теской лица и получистой — постелей и заусенков обходилась в карьере 20 р. за 1 кв. саж., или 4 р. 40 к. за 1 кв. м, перевозка до склада у сооружения — 4 р. за 1 кв. саж., или 0 р. 88 к. за 1 кв. м, а всего за 1 кв. саж. 24 р., или 5,28 р. за 1 кв. м (1 кв. саж. мелкой облицовки из песчанника весила 180—200 пудов, или 1 кв. м — 650—720 кг).

г) Сервильский карьер на р. Сев. Донце (песчаник, годный для облицовки) обслуживал плотину и шлюз № 5 (хут. Дидин); расположен в 1 км ниже сооружения; условия разработки камня прекрасные (типа Богдановского карьера). Камень доставлялся четырьмя баржами грузоподъем-

ностью до 20 куб. м при стоимости доставки 36 к. за 1 куб. м (3 р. 50 к. за 1 куб. саж.) и выломки—51 к. за 1 куб. м (5 руб. за 1 куб. саж.). Погрузка и выгрузка давали на 1 куб. м—41 коп. дополнительно (на 1 куб. саж.—4 руб. дополнительно). Полная стоимость 1 куб. м камня (1 куб. саж.) на складе у сооружения 1 р. 28 к. (12 р. 50 к.), при попенных в 10 к. за 1 куб. м. После замерзания реки подвозка производилась по льду на лошадях при стоимости доставки 1 м³ в 46 к. (4 р. 50 к. за куб. саж.).

д) Поцелуевский карьер, расположенный в одной версте выше сооружения № 5, давал камень почти по той же цене, что и Сервильский карьер.

е) Быстринский карьер, расположенный в 12 верстах выше сооружения № 3 (шлюз и плотина у хутора Н. Журавского), давал камень по 1 р. 70 к. за 1 куб. м (16 р. 50 к. за 1 куб. саж.):

1) Выломка	4 р. 50 к.
2) Попенные	2 " — "
3) Доставка весной в баржах	4 " — "
4) Нагрузка и выгрузка	6 " — "

за 1 куб. саж. или 1 р. 70 к. за куб. м. Всего . . . 16 р. 50 к.

Всего вывезено из карьера 1400 куб. саж. и осталось в карьере 300 куб. саж., что удорожает 1 куб. саж. использованного камня на $(4 \text{ р. } 50 \text{ к.} + 2 \text{ р.}) \cdot \frac{300}{1400} = 1 \text{ р. } 40 \text{ к.}$, а 1 куб. м на 14 к.

Итак, полная стоимость на складе у сооружения 1 куб. м камня равна 1 р. 84 к. (1 куб. саж.—18 руб.).

ж) Порода — плитняковый известняк. В настоящих условиях 1923—24 г.г. в достаточном масштабе поставленная добыча камня в карьерах велась в Гаграх при укреплении разрушенного морского берега. Камень ломался по линии шоссе (рис. 1), складывался у бровки шоссе и отвозился на подводах на среднее расстояние 1 км, где и складывался в штабель на берегу. Стоимость в штабеле — 2 р. за 1 куб. м. В последующем подводы были заменены вагонетным путем.

В данном случае имеем типичный пример карьера с недостаточной складочной площадью. Однако, наличие удобного сообщения (1 до 1½ км) и договор с артелями позволили принимать камень у сооружения, забирая выломанный камень на вагонетки без складывания его в штабели в карьере.



Рис. 1. Гагринский карьер.

з) При постройке Черепановской плотины на р. Шексне (1922—1924 г.г.) пришлось иметь дело с разбросанными валунами (остатки морен).

1 куб. м камня обходился в штабеле на берегу реки 3 р. 50 к. при работе на одном берегу и 2 р. 70 к. при работе на другом берегу (на 1 куб. саж. 34 р. 40 к. и 25 р. 80 к.).

При этом:

1) Подъем камня в карьерах с укладкой в штабеля обходился на 1 куб. саж.	9 р. 20 к.
2) Подвозка камня зимой на подводах (болото) к жел. дор. ветке (узкоколейной) за среднее расстояние 1 км с нагрузкой и выгрузкой и укладкой в новые штабеля	6 " 60 "
3) Подвозка камня по узкоколейной жел. дор. на расстояние 8 км (паровоз) с нагрузкой и выгрузкой и укладкой в штабеля	10 " — "
4) Погрузка камня с берега в суда, перевозка через Шексню и выгрузка на берегу	8 " 60 "
Всего по 1—3	25 р. 80 к.
и по 1—4	34 р. 40 к.

Здесь учтены единовременные и ежегодные затраты на узкоколейку, повреждаемую ежегодными морозными замораживаниями.

В довоенных проектах плотин немалую роль играли штучные камни, обычно изготавливаемые из гранитов.

Уместно указать, что нельзя привести обоснованных данных для применения тяжелых штучных камней, ни в корнях шлюзов, ни для передних подферменных плотин Поаре, ни для междуподшипниковых камней, ни для верхнего перекрывающего ряда, ни для задних подферменных. Все это можно иметь из бетона.

Совершенно очевидно, что при наличии речной гальки и гравия, вопрос о получении щебня отпадает.

Обычно же приходится заготавливать щебень. Некоторые породы известняка дают весьма влагоемкий щебень; его нужно обильней смачивать перед употреблением в дело, иначе бетон будет плохого качества.

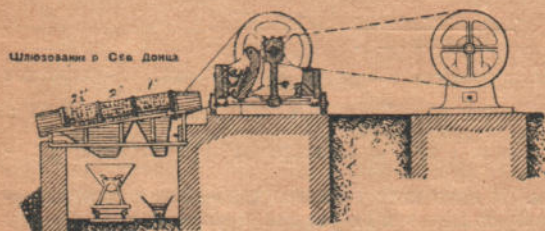


Рис. 2. Камнедробилка в Поцелуевском карьере.

Как известно, галька без особого труда берется лопатой. Не то со щебнем: для успешной погрузки и разгрузки его приходится применять вилы и все же результаты оставляют желать лучшего.

Опыт показал, что гораздо выгоднее доставлять камень на место работ и там разбивать его в щебень.

В довоенное время не обходились без применения камнедробилки при потребной кубатуре щебня свыше 5000—6000 куб. м. Это считалось выгодным. Средняя производительность камнедробилки — 50 куб. м в 8-часовой рабочий день при двигателе в 15 HP действительных.

В настоящее время камнедробилки используются из оставшихся у нас от дореволюционной эпохи.

Если одновременно с получением подержанной камнедробилки удастся получить несколько пар челюстей прежнего изготовления, не изношенных за последние годы, то вопрос надо считать разрешенным удовлетворительно.

В противном случае придется столкнуться с высокой стоимостью челюстей, долгими сроками их изготовления (6 мес.) и весьма малым сроком службы их, что заставляет удваивать или даже утраивать заказ на челюсти.

В условиях 1922—1924 г.г. приходилось тратить на челюсти в 5—6 раз более, нежели до 1917 года.

Если раньше, наряду с применением камнедробилок, очень часто прибегали к бойке щебня вручную, то ныне нет оснований от нее отказываться.

Надо только в порядке вести разбивку камня на щебень, избегая явлений, изображенных на рис. 3 (сооруж. № 3 р. Сев. Донца), когда штабели со щебнем

При постройке плотин на р. Сев. Донце щебень для некоторых сооружений готовился в карьерах (соор. №№ 5 и 6), а для других — на месте работ сооружения №№ 2, 3, 4, 5 (II очередь).

Рис. 2 изображает установленную камнедробилку в карьере Поцелуевском.

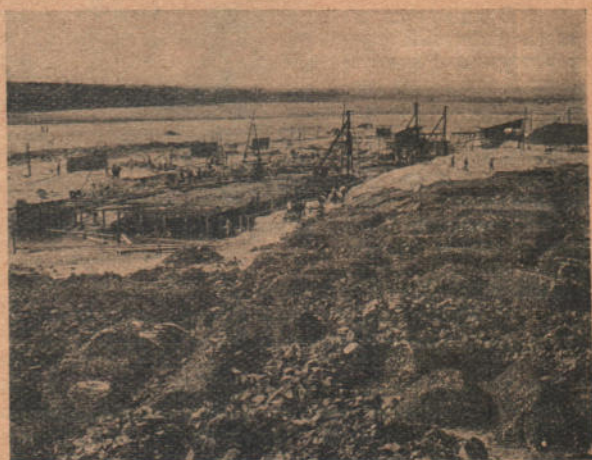


Рис. 3. Неправильно организованная бойка щебня.

оказались вкрапленными в склады камня, чем был затруднен внутренний транспорт при использовании щебня.

При постройке шлюза и плотины на р. Шексне в 1922—1924 г.г. стоимость дробления валунного камня (из морен) на камнедробилке, с учетом необходимых материалов и рабочей силы равна 20 р. 35 к. за 1 куб. саж., что дает 2 р. 10 к. за 1 куб. м.; в довоенное время стоимость дробления 1 куб. саж. песчаников не превышала 10—13 р. (Северо-Донецкие плотины; временное сопротивление от 400 до 700 кг/см²).

В том и другом случае не приняты во внимание расходы на приобретение механического оборудования и его амортизация.

Ручная бойка щебня из камня песчаниковых пород обходилась на Донце в 13 р. за 1 куб. саж., что дает 1 р. 34 к. за 1 куб. м.

В отношении умелой ручной бойки щебня надо отметить тверяков, калужцев, тамбовцев, греков, турок, персов.

Из них тамбовцы хотя и не стоят на первом месте, зато, окончив бойку щебня, легко переходят на земляные и бетонные работы.

Это обстоятельство играет значительную роль при маневрировании рабочей силой, избегая резкого сокращения ее путем целесообразной переброски с одной работы на другую.

В заключение отметим, что камнедробилка с цилиндрическим грохотом (рис. 2) дает щебень разной крупности (до 1/2").

§ 2. Цемент.

Цемент в настоящее время на основных заводах готовится достаточно хорошего качества, что не должно отменять производства испытаний по существующим правилам. Новороссийские заводы ставят клиента своим качеством в более спокойные условия.

Однако, Черепановская плотина на Шексне устроена с применением Вольского портланд-цемента, испытанного на заводе представителем Управления работ по шлюзованию реки Шексны (1922—1924 г.г.). По испытаниям 1925 г. бетон получился хорошего качества.

Затруднение в другом. Рост строительства обгоняет производство цемента, вследствие чего нельзя иметь гарантии получения портланд-цемента, не вступив в договорные отношения осенью в целях получения цемента к следующему строительному сезону.

Довоенная цена портланд-цемента на заводе 3 р. 50 к.—4 р. за бочку, в 1922—1924 г.г.—6—8 р., а ныне (1925)—6 р. за бочку по договорам с Цементрестом. Бочка довоенного времени 10 п. 10 ф. нетто, нынешняя 155 кг нетто.

§ 3. Лесные материалы.

Если плотина устраивается временного типа, то дерево является главнейшим материалом, обращающим особое на себя внимание при производстве работ.

Однако, в случае бетонной плотины на мягком грунте дерево также входит солидным слагаемым в объем заготовок главнейших материалов (перемычки, шпунтовые ряды, иногда свайное основание, вспомогательные сооружения, временные постройки жилые и хозяйственные и проч.).

Предпочтительно избежать самостоятельных лесных заготовок, обратившись к соответствующим предприятиям и озаботившись заключением надлежащего договора.

Тем самым силы построечного аппарата сконцентрируются на основном производстве работ.

Этой точки зрения держалось и держится каждое опытное предприятие.

Однако, в случае, когда нет возможности опереться на солидную заготовительную организацию, целесообразно приступить к собственным лесозаготовкам, опираясь на

опытных в этом деле лиц. Шпунтовые бруссы и доски лучше иметь машинного изготовления, если в них большая потребность. Дело в том, что ручное изготовление дает в современных условиях шпунт неважного качества, если в районе нет хороших плотников.

Довоенная стоимость 1 куб. фута круглого леса в районе р. Шексны определялась примерно в 15 к., в 1922 г. стоимость та же без выкатки на берег (лес свежей рубки), в 1923 и 1924 г.г. стоимость повысилась до 40 к. за 1 куб. фут.

На Донецкие плотины в 1911—1913 г.г. лес доставлялся из Царицына к ближайшей станции жел. дороги, вследствие чего за 1 куб. фут леса казна платила контрагенту 40 к. за круглый лес и 65 к. за пиленный.

В настоящее время в лесных районах по р. Шексне лес хорошего качества, (но свежей рубки) нельзя получить дешевле 50—60 к. за 1 куб. фут. На Черноморском побережье в 1923—1924 г.г. нельзя было получить лес свежей рубки дешевле 70 к. за 1 куб. фут (Гагры). Однако, в данное время не редкость цена в 1 руб. за куб. фут и более (Москва и др. гор.).

Приведенными цифрами показаны пределы, в которых колебались и колеблются цены на лес в зависимости от местных условий. Цены взяты из строительной практики за указанные годы. В настоящее время уже можно сказать, что строительный сезон 1926 года пройдет при вздорожании лесных материалов, потребление которых быстро растет с 1922 года.

На этом закончим вопрос о заготовке материалов.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Последовательность работ по устройству плотины.

В следующих главах будут подробно рассмотрены вопросы производства отдельных родов строительных работ по устройству плотины. Здесь же покажем общий ход и порядок, чтобы легче было следить за подробным рассмотрением указанных вопросов в отдельных главах.

Выше было указано, что при наличии проекта и при отпуске средств прежде всего надо выявить и формулировать заводские заказы и сдать их по договорам; одновременно следует произвести более подробно строительные изыскания и выяснить незаконченные вопросы технических изысканий.

Далее,—заключить договор на поставку цемента и организовать зимнюю заготовку леса.

Затем, надо подробно разработать вопросы использования каменных карьеров, приступить к устройству жилищ для рабочих и служащих, а также складов, сараев и проч. временных сооружений. Далее идет заготовка к месту работ строительного инвентаря, транспортных средств, устройство временных мастерских, кузниц и проч. и заготовка различных материалов, размещение их по складам; назначение контура перемычек, их высоты и приступ к постройке перемычки.

Одновременно начинают береговые земляные работы и заканчивают оборудование временной силовой станции.

После устройства перемычки и установки водоотливных приспособлений земляные работы становятся центральными.

По мере их развития усиляется заготовка камня и бойка щебня и начинается доставка материалов к котловану для забивки постоянных шпунтовых рядов, свай под основание, а также щебня для бетонных работ.

К концу земляных работ, в разгар свайной бойки, устраивают ручные бойки и навесы для бетоньерок, устанавливают эти последние, дополнительно оборудывают фронт работ вагонетными путями для доставки цемента, песка и щебня, устраивают приспособления для подвода воды, нужной для приготовления бетона, и приступают, наконец, к самым бетонным работам, которые вносят ярко выраженную интенсивность достижений строителя, позволяя ежедневно видеть рост сооружения, тогда как преды-

как было упомянуто,—в одну очередь. Все эти плотины — разборчатые, с фермами Поаре и щитами Буле; строились одновременно с судоходными шлюзами.

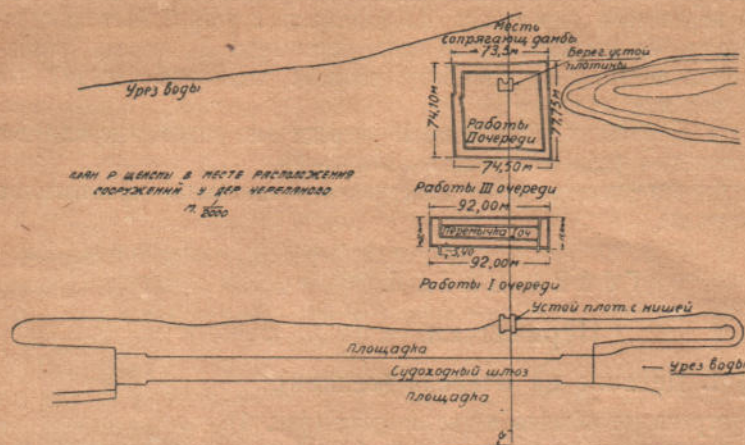


Рис. 7. План р. Шексны в месте расположения сооружений у дер. Черепаново.

То же самое имеем на рис. 9 (постройка шлюза и плотины № 3 на реке Сев. Донце).

При разделении работ на очереди стремятся к равномерному стеснению реки за период работ, что достигается предварительными гидравлическими подсчетами.

Необходимо помнить, что дно реки и противоположный берег подвержены размыву.

Размыв дна на 1 м — обычное явление. Желательно придерживаться правила — не стеснять русло реки свыше 30%, считая горизонт воды на отметке верха перемычек.

При постройке одной из плотин на р. Ohio при стеснении русла на 50% скорости течения воды возрасли с 1 м/сек. до 2,75 м/сек., и дно размывало до скалы.

Устройство перемычки по контуру абвг (рис. 4), вызывает стеснение реки, а, следовательно, появится подпор и увеличение скорости течения в суженной части,

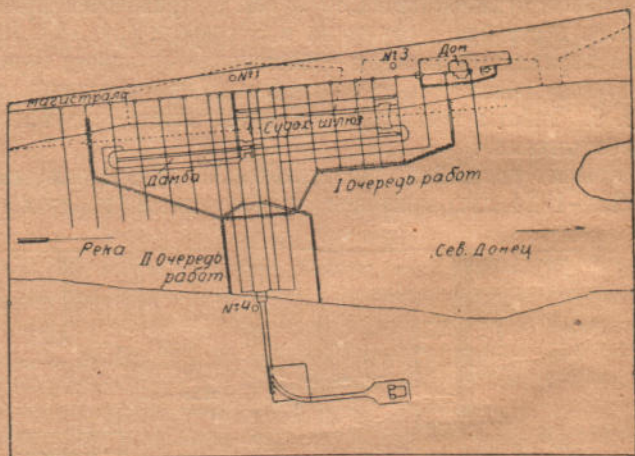


Рис. 8. Р. Сев. Донец. План расположения соор. № 7 и перемычек.

Подпор $z = \frac{1}{\varphi^2} \left(\frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} \right) = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{Q^2}{2g} \cdot \left(\frac{1}{\omega_1^2} - \frac{1}{\omega_2^2} \right)$; при этом $\frac{1}{\varphi^2} = 1,50$; u_1 и u_2 — скорости воды в реке до постройки перемычки (u_2) и после сужения реки (u_1), а ω_1 и ω_2 соответственные площади живого сечения.

Подсчеты необходимо произвести при всех наиболее характерных горизонтах и расходах воды в реке, возможных за период работы перемычки.

Если плотина входит в состав группы сооружений, составляющих в целом гидросиловую установку, то при разделении на очереди необходимо станцию (если

При этом в первую очередь входили: шлюз и участок плотины, а во вторую — остальной участок плотины (р. Сев. Донец).

Рис. 8 изображает порядок выполнения работ по постройке судоходного шлюза и плотины № 7 на реке Сев. Донце (2 очереди).

Судоходный шлюз, направляющая дамба и $\frac{1}{2}$ плотины вошли в I очередь.

стия в плотине (на участке I очереди). Эти отверстия подлежат заделке по окончании всех работ по устройству плотины пред проходом паводка. При этом перемычки второй очереди должны быть несколько выше, так как должен быть создан подпор для пропуска воды через отверстия.

Иногда в проекте предусматриваются особые отверстия при сопряжении водосливной плотины со станцией.

Эти отверстия, в главнейшем предусматривающие удобство работ по постройке сооружений (вопрос пропуска воды облегчается), иногда остаются и на время эксплуатации, играя ту же роль и облегчая работы плотины.

Рис. 10 изображает план Волховской гидро-электрической станции, имеющей особое отверстие для пропуска воды, перекрываемое катучими затворами (по проекту — Stoney). Нормальный порядок работ по возведению сооружений Волховской гидростанции в 2 очереди показан на рис. 4; при этом плотина назначается во II очередь, станция — в первую.

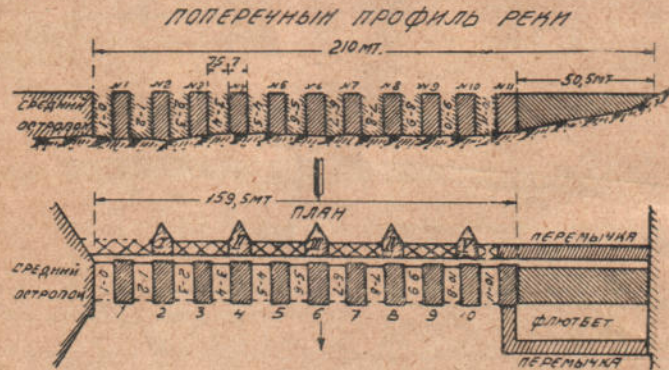


Рис. 11—12.

Порядок работы, принятой Строительством, виден из рис. 11—14.

Быки ледозащитной стенки, представляющей собою аркаду в 18 пролетов, возведены с помощью съемных кессонов.

Преследуя целью скорейшее окончание работ, Строительством одновременно с работами по станции открыло работы и по плотине, опустив потерянные кессоны по ее длине с промежутками между кессонами для пропуска воды (гребенка).

В этих целях впереди кессонов (по течению) было установлено предварительно 5 ряжей — рымов, загруженных камнем.

Ряжи были соединены временным мостом.

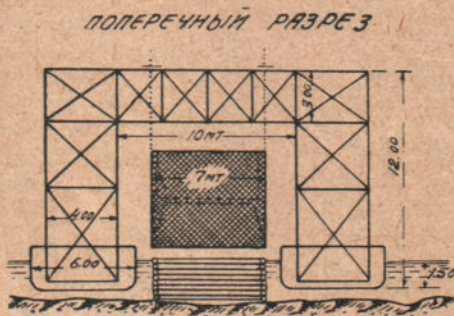


Рис. 13.

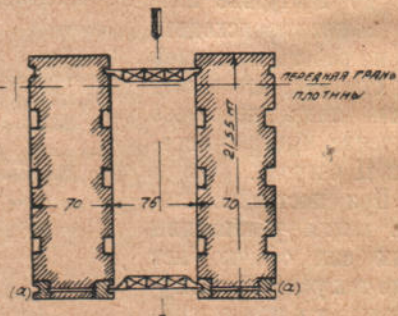


Рис. 14.

Эти ряжи были использованы, как рымы, при подводке кессонов.

Кессоны изготовлялись на особых площадках, расположенных также на ряжах (других).

Готовый кессон подводился к месту установки с помощью плавучего крана, изображенного на рис. 13 и состоящего из 2-х понтонов шириной 6 м и длиной 46 м каждый.

Для заложения фундаментов подводной части здания силовой станции применены были также потерянны кессоны.

Однако, необходимость производства выемки по зданию станции и надлежащего соединения опущенных кессонов потребовали устройства перемычек.

Устой плотины и 10 м плотины устроены также с помощью перемычки.

Необходимость обделки грунта ниже водослива плотины требует также ограждения площади.

В своем отчете Строительство, вероятно, изложит мотивы принятого способа работ, заканчивающихся в 1927 г.

§ 2. Высота перемычки и расположение в плане.

Высота перемычки назначается с таким расчетом, чтобы получилась возможность работы за перемычками в течение времени, достаточного для закончания работ данной секции плотины.

Совершенно естественно стремление к удлинению этого периода.

Однако, в редких случаях удается иметь перемычку, позволяющую спокойно вести работу без всякого риска затопления ее наводками.

Так, проектируемая вовсе не затопляемая перемычка для устройства Свирского сооружения № 2 (Подпорожская гидро-электрическая станция) должна иметь высоту максимум 7,54 м над грунтом при отметке дна реки 25,60 м (12 саж.) и горизонта самых высоких вод 32,73 м (15,34 саж.). При этом запас принят в 0,20 саж. = 0,43 м.

Причина столь благоприятных условий производства работ заключается в том, что р. Свирь соединяет два больших озера (Онежское и Ладожское), регулирующих режим реки.

При той же высоте перемычек на р. Шексне нет гарантий спокойного производства работ, начиная с сентября месяца, когда перемычки могут быть затоплены.

Практически принимают верх перемычек на 1,50—3,00 м выше среднего меженного горизонта воды, но там, где меженный период короток, принимают упомянутое превышение до 4—5 м (р. Ohio и др. реки), если это дает весьма заметное удлинение рабочего периода.

При постройке 6-ти плотин на р. Сев. Донце (1911—13 г.г.) верх перемычек был задан на 1,90 м выше среднего меженного горизонта. При этом максимальный летний наводок не доходил до верха перемычек на 0,45 м.

Однако зимние паводки, по данным наблюдений за 26 лет, за эти годы 7 раз превышали отметку верха перемычки. Хотя летний строительный сезон на Донце достаточно длинен, однако, в целях непрерывности работ предусмотрены были бетонные работы в тепляках.

Паводки зимой 1911—12 года превзошли все предположения.

Перемычки были затоплены, работам был нанесен убыток, который автором сего труда был исчислен в 150.000 р. (1912 год) для 2-х сооружений: №№ 5 и 6.

Так, штучные гранитные камни были вынесены за пределы перемычки плотины № 6, при чем камень в 40 пудов оказался в 350 м ниже работ. Перемычки были размывы, тепляки повреждены, мелкие инструменты все остались в котлованах, не успели вынести и насосы (5", 6" и 10"), затоплены были локомобили, нефтяные двигатели, бетоньерки и проч. и проч. По откачке котлованов сооружения № 5, оказалось, что они занесены слоем песка толщиной 2 метра, при чем по открытии котлованов на дне их найдены были локомобиль и различные части механического оборудования. Подрядчик не располагал гидрометрическими данными и всецело полагался в этом отношении на технический надзор.

Возвращаясь к вопросу через 14 лет и оценивая обстоятельства более спокойно, надо признать, что высота перемычек в общем задана правильно.

Что касается зимних работ, то они должны были производиться лишь по усмотрению подрядчика на его страх и риск, однако, при полной осведомленности подрядчика о вероятности зимнего паводка, чего не было.

При расположении перемычек в плане приходится иметь в виду следующее:

1. Огражденный участок должен заключать в себе всю площадь работ данной секции с учетом необходимого места для вспомогательных сооружений.

2. Откосы котлованов не должны подходить к перемычке ближе, чем на 10 м, во избежание стесненных условий работы и увеличения фильтрации воды через перемычку; примитивность оборудования работ, требуя большей площади, увеличивает это расстояние в $1\frac{1}{2}$ —2 раза;

3. Применение канатных линий для удаления грунта из котлована и для производства бетонных работ сводит ограждаемую площадь весьма близко к той, что требуется плановыми размерами сооружения, в особенности, если для устройства перемычек применены металлические шпунтовые сваи с достаточной глубиной погружения (песчаный грунт) свай.

4. Совершенно очевидно, что перемычку может оказаться выгоднее вести по более мелкому месту даже при удлинении ее; если таковые условия имеются, необходимо подсчетом принять более экономическое решение.

5. Прямоугольное очертание перемычек в плане более выгодно; однако подмыв углов *B* и *C* и всей линии *BC* (рис. 15—16) может быть избегнут лишь более плавным очертанием сторон перемычки *AB* и *DC*, при чем фигура *ABCD* превращается чаще в трапецию с малым основанием *BC* и большим—*AD* (рис. 4), при

этом возрастает стоимость перемычки, но при больших скоростях течения создаются более спокойные условия производства работ.

В качестве примера укажем, что Черепановская плотина на Шексне имела ширину котлована 45 м при ширине площади, огражденной перемычками, около 65 м. Сваи перемычки были забиты в глинистый грунт.

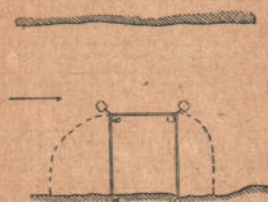


Рис. 15.

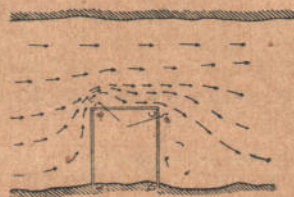


Рис. 16.

При исчислении ширины котлована приняты во внимание также понур и рисберма.

В направлении, перпендикулярном течению воды, граница перемычки определяется гидравлическими подсчетами, как указано выше.

Часто оставляют в нижнем участке *CD* перемычки отверстие для входа землечерпалки, которая производит земляные работы и уходит из огражденной площади, после чего перемычка заканчивается устройством.

§ 3. Условия службы перемычки.

В зависимости от условий службы перемычки конструкция последней может быть более солидной или облегченного типа.

Так, если период меженных вод весьма значительный и паводки невелики, представляется возможным при надлежащем темпе работ закончить всю секцию плотины в течение лета.

Другое дело, когда низкие горизонты держатся в реке 1— $1\frac{1}{2}$ —2 месяца, а в остальное время перемычка должна выдерживать паводки и ледоход.

Примеры первых условий можно видеть на верховьях рек южных областей.

Лучший пример второго рода—низовье р. Шексны (находящаяся в работе Ягорбская плотина), где долгое время держится подпор из Волги, а ранней весной и осенью проходят солидные паводки.

В этих условиях неизбежно устройство солидной перемычки значительной высоты, обеспечивающей необходимый период работ в огражденном пространстве с применением трех смен рабочих в сутки.

Немалую роль играет также скорость течения воды вне перемычки, заставляя иногда отказаться от некоторых конструкций перемычек.

Хотя надобность в перемычках временная, однако, надо помнить, что исправлять разрушившуюся перемычку чрезвычайно хлопотливо.

Если это произойдет в рабочее время, то происходит срыв работ, что влечет значительные убытки.

Поэтому необходимо избегать нездоровой экономии, не имеющей в качестве основания опытных данных.

В настоящее время твердо установлен взгляд, который проводится в жизни: перемычка это не есть временное приспособление, это часть проекта сооружения.

§ 4. Типы перемычек.

При постройке плотин, а также вообще при ограждении водных пространств в целях производства работ за перемычками (скальные работы для улучшения судоходных условий, подъем затонувших судов и проч.), последние применяются различных типов: обычные земляные дамбы, песчаные перемычки (особый тип), перемычки на козлах, однорядные шпунтовые перемычки с наружной отсыпью грунтом, двухрядные шпунтовые перемычки, ряжевые и ящичные.

Земляные перемычки выгодно применяются при небольших высотах и незначительных скоростях течения воды.

При больших высотах река была бы сильно стеснена земляной перемычкой: фильтрация через тело конструкции незначительна.

Лучшее применение — береговые участки перемычек других типов, начиная от нуля (сопряжение с берегом) и кончая высотой до 2 метров.

При постройке 6-ти плотин на р. Сев. Донце земляные перемычки применялись при высоте над грунтом до 2,00 м (глубина в межень до 1,20 м).

Грунт подвозился в тачках и вагонетках, разравнивался и слегка трамбовался; 1 куб. м перемычки обходился в 30—40 к. в зависимости от местных условий при дальности возки не свыше 80 м.

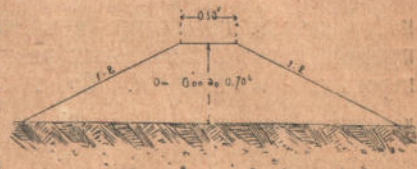


Рис. 17.

Черт. 17 изображает Донецкий тип земляной перемычки, а черт. 9 изображает план расположения этих перемычек (береговые участки). Для данного типа годится всякий грунт, если это не глина и не торфяной или болотистый грунты, которые не пригодны для устройства перемычек. Лучший грунт — песчано-глинистый.

Примесь гальки или щебенистого грунта, повышающая вес единицы объема насыпи, крайне желательна, способствуя большей устойчивости сооружения (перемычка плотины № 5 Сев. Донца).

В случае сильного течения, угрожающего размывом земляной дамбы, применяют мешки, нагруженные тем же грунтом и располагаемые со стороны воды.

Мешки наполняются не более, чем на $\frac{2}{3}$, иначе они не прилягут плотно друг к другу.

При больших скоростях и значительных глубинах прибегают к устройству всего профиля из мешков с землей.

В английских колониях эти мешки готовят из тонкой тростниковой рогожки при сроке службы 1—2 года и стоимости мешка около 20 к. (мешки быстро загнивают).

Тип перемычки из мешков, наполненных грунтом, был применен при постройке Вильсонской плотины Assiout, при чем мешки наполнялись речным илистым грунтом.

Высота перемычки достигала 9 м, при рабочем напоре до 6 м.

Уклон наружного откоса 1:6.

Одна из перемычек ограждала площадь до 28.000 кв. м и потребовала для своего устройства 2.697.000 мешков с 450.000 куб. м грунта (Wegmann. The design and construction of dams, 1922).

При наличии песчано-глинистого грунта этот тип хорош при сильном течении и узкой реке, так как в случае надобности откосы перемычки могут быть очень крутые.

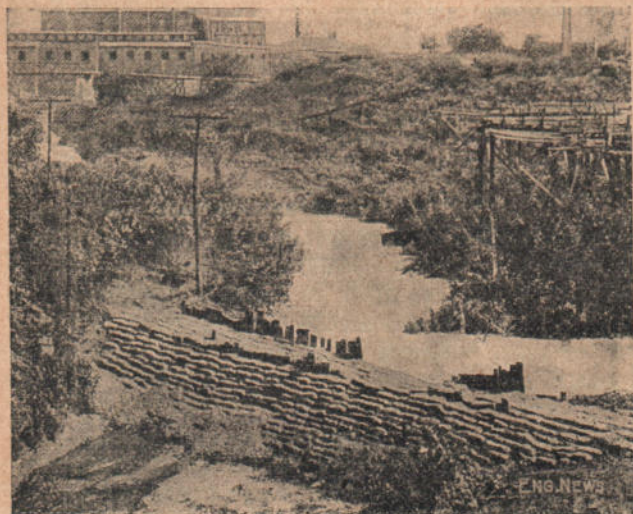


Рис. 18.

ной в канале, подверженном нагону воды штормовыми ветрами, передняя часть профиля имеет 2 шпунтовых ряда в расстоянии 1,5 м один от другого при высоте перемычки в 1,80 м. По той же причине поверхность перемычки покрыта досчатым настилом. Задний откос имеет уклон $1:1\frac{1}{2}$ $\left(\frac{\text{вертик.}}{\text{гориз.}}\right)$, а передний несколько круче.

Песчаные перемычки должны быть выделены в особый тип в виду того, что они работают по другому принципу, имея применение при высоте до 4 метров над грунтом и более в случае обилия песка мелкой и средней крупности: крупный песок вызывает большие расходы на водоотлив.

При откачке воды из огражденного пространства при рассматриваемом типе перемычки горизонт воды сначала понижается медленно, затем понижение горизонта при той же работе насосов идет все заметнее и заметнее, невзирая на увеличение подпора воды, пока огражденная площадь вовсе не будет осушена.

Дело в том, что фильтрующая сквозь перемычку вода перемещает частицы подвижного грунта (песка), заставляя мелкие частицы располагаться в промежутках

Для подсчета стоимости 1 куб. м перемычки из мешков надо прибавить около 30% к стоимости 1 куб. м обычной земляной перемычки и добавить стоимость мешков (около 15 на 1 куб. м).

Рис. 18—19 изображают перемычку из мешков с песчано-глинистым грунтом. Каждый мешок вмещал (0,056 куб. м), 2 куб. ф. грунта, будучи наполнен на $\frac{2}{3}$.

В виду особо тяжелых условий работы перемычки Louisville, выполнявшей роль временной плотины, устроен-

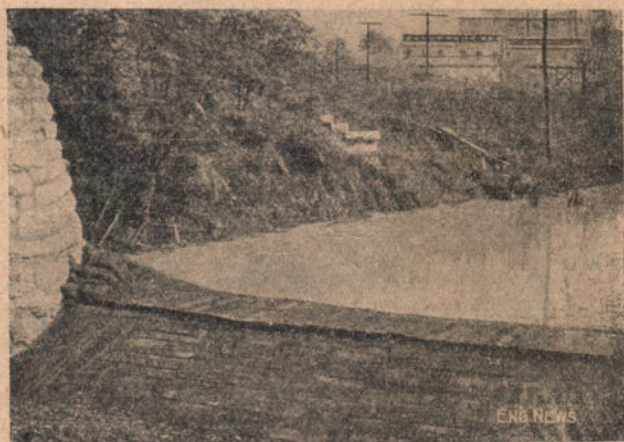


Рис. 19.

между более крупными, вызывая тем самым усадку отсыпи и необходимость пополнения ее засыпкой.

При этом песчаное ядро уплотняется, пористость уменьшается, а с ней уменьшается и фильтрация чрез тело перемычки.

Кроме того, речная вода, фильтруя через насыпь, оставляет в ней все наносы, которые она содержала, протекая в реке. Эти тончайшие частицы (наносы) цементируют песчинки, еще более уменьшая фильтрацию.

Далее, наружное давление воды, увеличиваясь по мере осушения огражденного пространства, настолько уплотняет насыпь, что фильтрация становится весьма небольшой по сравнению с начальным моментом откачки.

Временные остановки водоотлива и медленная откачка в первоначальный момент крайне желательны, так как способствуют большему уплотнению перемычки.

Описанные явления характерны лишь для песчаной массы, обладающей подвижностью отдельных частиц.

Откосы песчаной перемычки варьируют в широких пределах в зависимости от крупности песка, скорости течения воды, подвижности или постоянства русла и способа производства работ. Если песчаная насыпь готовится обычным способом, то в среднем надо принять откос на воду с уклоном $1:2$, $1:2\frac{1}{2}$, а внутренний откос $1:1\frac{1}{2}$, $1:2$ при ширине поверху от 2 до 4 метров в зависимости от крупности песка и высоты перемычки, которую рассматриваем в пределах $1,50—4$ м.

Во всяком случае ширина поверху не должна быть меньше высоты песчаной перемычки.

При этом, при данных соотношениях, по откосу истечения профильтровавшей воды необходима или легкая каменная отсыпь с утолщением ее ко дну или щелистое досчатое заграждение (см. ниже), так как в начальный момент работы перемычки, когда она еще не успеет заилиться, профильтровавшая вода подойдет к откосу ее истечения с некоторым напором, опасным для целостности откоса, а, следовательно, и перемычки.

Наибольшей устойчивости песчаной перемычки при минимуме фильтрации достигаем, устраивая возможно более водонепроницаемый напорный откос и возможно более проницаемый низовой откос (откос истечения профильтровавшей воды).

Таким образом, при наличии песка различной крупности с напорной стороны желательно помещать возможно более мелкий песок, а с низовой стороны—возможно более крупный с прикрытием последнего каменной отсыпью в нижней части откоса. Однако, мелкий песок легко уносится течением воды, если оно значительно. Приходим к выводу, что в этом случае необходима защита от текущей воды (см. ниже).

Исчисленную по чертежу кубатуру песчаной перемычки практически приходится значительно увеличивать, если откос ничем не защищен от воды. Так, при скорости до $1\frac{1}{2}$ м/сек. и средней крупности песка, смешанного с мелким, на р. Сев. Донце пришлось добавить к теоретическому количеству потребного песка еще 40%.

Когда перемычка образуется рефулированием, песок поступает в насыпь в виде жидкой массы и откос на воду доходит до $1:12$ и даже до $1:15$ при внутреннем откосе $1:4$, $1:5$.

Однако, ниже горизонта воды откос сам устанавливается круче, доходя до $1:5$. При этом происходит заиливание отсыпи в момент устройства перемычки.

Очевидно, здесь может быть лишь общая опытная оценка выгодности типа перемычки, ибо нельзя считать объем перемычки по очертанию профиля.

В условиях дорогого леса и обилия песка такой тип, конечно, выгоден при скорости течения воды, позволяющей насыпи держаться устойчиво, в особенности, если стесненная река легко перемещается в плане, создавая облегченные условия производства работ. Пример—постройка Кочетовской плотины на Дону, выполненной в одну очередь с помощью рефулированной песчаной перемычки, благодаря подвижности русла реки в плане.

Ширина поверху в этом последнем типе берется, примерно, вдвое больше, чем у предыдущего.

При скалистом или вообще трудно размываемом русле и значительной скорости течения воды вне перемычки применяют дополнительные устройства, предохраняющие песчаную перемычку от размыва.

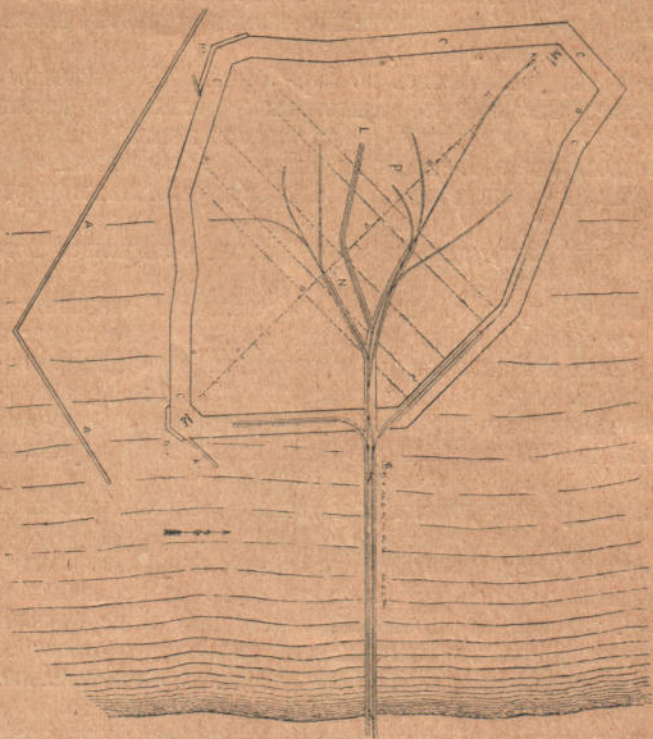


Рис. 20.

Такой тип перемычки впервые был применен на Днепре у Екатеринослава в 1899 году, а затем широко применялся на той же реке в течение 8 лет.

Он состоит из струеотводных щитов А, отклоняющих течение от всей той площади, которая охватывается контуром перемычки, досчатой стенки а, опирающейся на козла, и песчаной отсыпи С, обращенной к реке, т.е. в сторону струеотводных щитов (рис. 20).

В случае значительных скоростей или действия волнения, откос отсыпи, обращенный к струеотводным щитам, обкладывают мешками с песком или устраивают наружный досчатый забор из старых досок, как это изображено на рис. 21, 21а, 22.

Этот забор не доходит до скалистого дна, а потому на него идут короткие доски.

Устройство забора сопровождается забивкой круглых свай $d = 13$ см в 6—7 м одна от другой; к ним на болтах прикрепляются полусхватки, т.е. схватки с одной стороны, которые с помощью поперечин и подкосов связываются с внутренним верхним брусом перемычки.

Двухрядный досчатый забор устраивается на широких мощных реках, в случае особо тяжелых условий работы перемычки.

Самое производство работ ведется следующим образом.

Струеотводные щиты располагаются под острым углом к направлению струй, определяемому поплавками. Этот угол предпочтительно брать около 45° .

Необходимо избегать перпендикулярного направления линий щитов по отношению к направлению струй. Намеченные на чертеже линии щитов переносятся на место и закрепляются деревянными буйками с подвязанными к ним камнями. Струеотводные щиты (рис. 23) состоят из козел и обшивки.

Козла вяжутся из трех сосновых бревен-ног, соединенных между собой сверху незначительной врубкой и болтами, а внизу полусхватками. Длинная нога с корот-

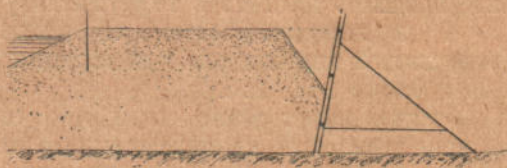


Рис. 21.

кой составляет прямой угол или несколько больший прямого угла, а угол между короткими ногами около 60° . Длинная нога делается на 2—4 см толще коротких.

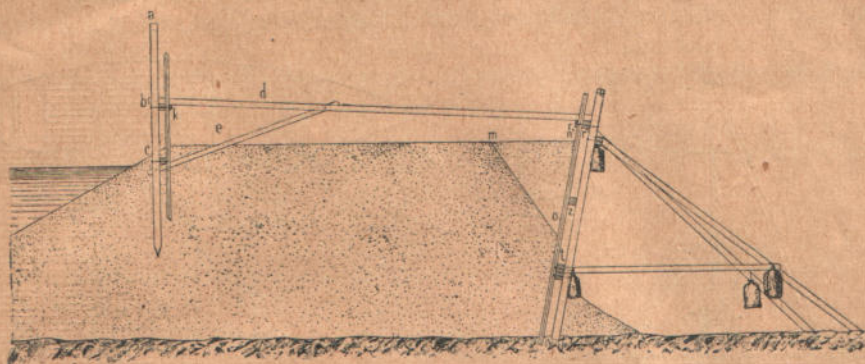


Рис. 21а.

Козла вяжут на берегу и на месте устанавливаются плавучими кранами, при чем длинная нога располагается против течения. Краны нужны 2-х типов: на

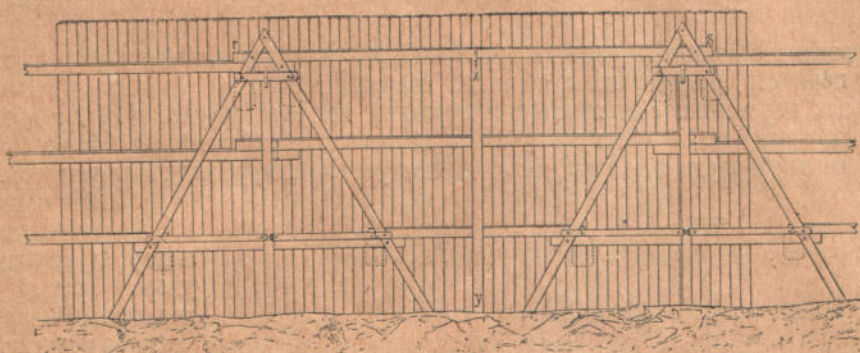


Рис. 22.

2-х судах, связанных между собой брусками и 4-мя ногами, при чем груз помещается между судами (рис. 24) и затем также на 2-х судах, но такого устройства, что груз остается вне судов (рис. 25). Последний кран менее устойчив, чем первый, но необходим, когда, за теснотой места, первый не может подойти.

На практике козла лучше располагать так, чтобы проекция длинной ноги делила примерно пополам угол между направлением струй и перпендикулярным к линии щитов, чтобы избежать неустойчивого положения козел (направление ноги совпадает с направлением струй) и затруднительной установки.

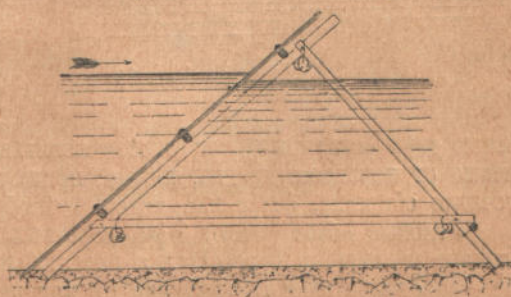


Рис. 23.

Козла ставят на расстоянии 5—7 м и перекрываются щитами из досок толщиной 4—5 см, связанных поперечными брусками.

Связанный на берегу щит целиком спускают по длинным ногам козел до песчаного дна. При более тяжелых щитах прибегают к погружению его наплавку с судов

путем нажимания аншпугами верхнего (по течению) края шита, благодаря чему течением быстрее прижмет шит к козлам.

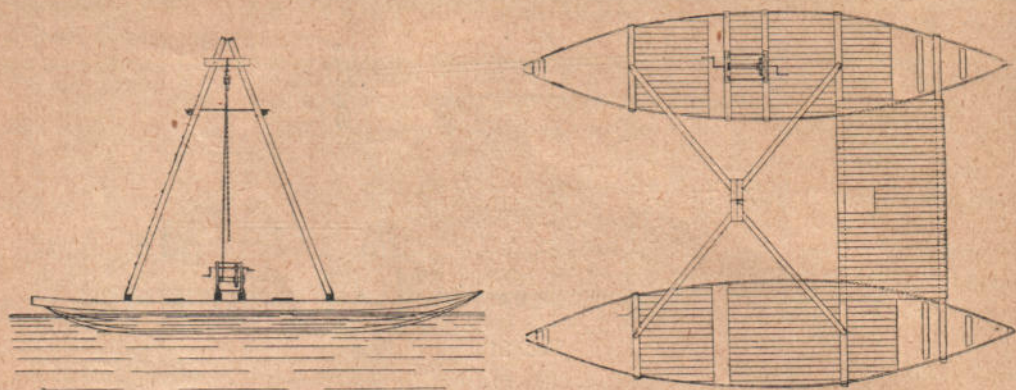


Рис. 24.

Деревянный остов перемычки образуется из ряда деревянных козел, поставленных по периметру перемычки и обшитых снаружи досками.

Козла перемычки состоят из 2-х передних ног из брусьев ($17\text{ см} \times 17\text{ см}$), связанных между собой сверху врубкой в полдерева и скрепленных болтом (рис. 26).

В верхней части эти ноги связаны поперечиной, врубленной в четверть.

Эта поперечина

стесана посредине в цилиндр и служит для упора третьей ноги подкоса. Внизу ноги связаны полусхватками на болтах.

Нога-подкос имеет на верхнем конце цилиндрическую выкружку и железный хомут, при помощи коих вращается около поперечины (рис. 27).

Следовательно, угол между подкосом и плос-

костью двух остальных ног может меняться по произволу. Благодаря этому, независимо от неровностей дна, можно придавать передним ногам, по которым пройдет косчатая обшивка, более или менее однообразный уклон (обычно 10° — 15°).

Угловые козла имеют три коротких ноги, при такой конструкции позволяя обшивке перемычки пересекаться под любым углом (рис. 28 и 29).

До окончательного закрепления ног козла нижними полусхватками он ставится на дно и в зависимости от рельефа дна отмечается, насколько надо спилить ту или другую переднюю ногу и отодвинуть подкос.

Затем, козел вынимают из воды, срезают и расставляют ноги и закрепляют нижние полусхватки. При этом неровность дна может достигать величины в 1—2 м, что не меняет дела.

Таким образом, устанавливаются козла по всему контуру перемычки.

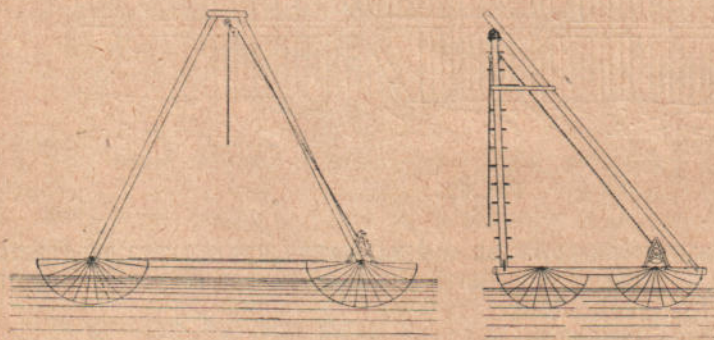


Рис. 25.

Затем, козла соединяются между собой с помощью шарнирно-закрепленного бруска и обшиваются снаружи досками в один или два ряда.

При равной длине досок последние своими верхними концами дают верхнее очертание рельефа дна.

При работе надо избегать применения гвоздей, предпочитая болты в целях сохранения материала, неоднократно идущего в дело.

Обсыпка перемычки должна быть произведена в кратчайший срок в целях меньшей утраты песка при сильном течении. Обсыпку ведут вагонетками, с судов, и еще лучше, если есть возможность, рефулером (рис. 30).



Рис. 26.

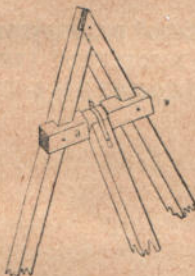


Рис. 27.



Рис. 28.

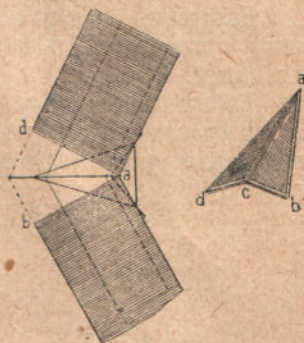


Рис. 29.

Во время откачивания огражденного пространства, вдоль перемычки, с внутренней стороны, образуется ряд песчаных холмов, местами даже сплошной валик из песку. Это результат давления воды и фильтрации ее.

Песчаные валики, дойдя до некоторой величины, противостоят дальнейшему выпиранию песку. При этом происходит ослабление фильтрации воды, хотя сообщение с рекой понизу и имеется.

Если убрать эти валики сразу по осушении перемычки, то последует новый вынос песку вовнутрь, а обсыпка даст осадку.

При устоявшейся перемычке уборка песчаных валиков не вызывает новых выносов песку.

Не надо трогать валики первое время их образования во избежание прорыва в перемычке.

Наоборот, иногда приходится устраивать их искусственным путем в целях уменьшения фильтрации, осадки и провалов в отсыпи перемычки.

Для этого во время откачки перемычки имеют наготове песок для усиления осевших участков насыпи и устройства внутренней присыпки.

Другой материал (например, глина) здесь вовсе не годится, так как не обладает свойством песка — подвижностью, в чем пришлось убедиться на практике при устройстве перемычки на р. Днепре.



Рис. 30.

В зимнее время надо избегать устройства описанного типа перемычки, вследствие смерзания песка и утраты им своего основного свойства—подвижности.

Выходом из положения может служить заблаговременная заготовка сухого песка и содержание его под прикрытием.

При проектировании перемычки прежде всего должен быть выяснен вопрос о доставке песку на обсыпку.

Для предварительных подсчетов можно принять, что ширина песчаной отсыпи поверху должна быть 4—5 м, а откос 1:2 или 1:3, смотря по скорости течения воды.

Полученный объем надо увеличить на 20—25%: часть песку пройдет через стенку в перемычку, а часть будет унесена водой, невзирая на устройство струеотводных щитов.

В случае недостатка песку устраивают второй ряд струеотводных щитов, прибегают к опусканию в грунте досок перемычки колотушкой (уменьшение выносов вовнутрь) или устраивают со стороны реки соломенные вспомогательные стенки (см. ниже).

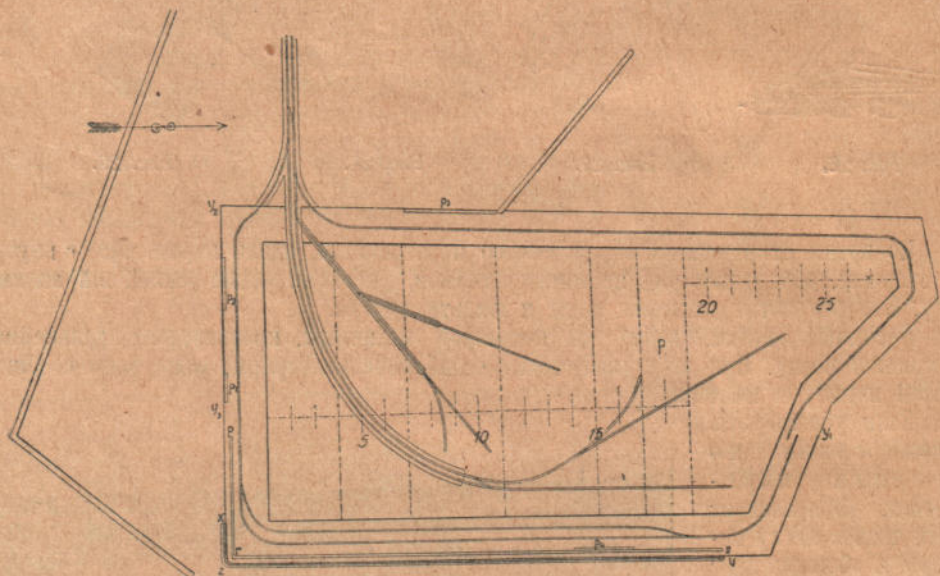


Рис. 31.

В целях борьбы с разрушительным действием волн (широкие и глубокие реки) укрепляют откос отсыпи мешками с песком или устраивают досчатый забор из старых коротких досок, не доходящих до скалистого грунта (рис. 21, 21а, 22).

Для этого приблизительно по краю отсыпи забиваются из 12 см леса сваи *a* через 6 м одна от другой; к ним на болтах прикрепляются полусхватки *b* и *c*, последние связываются с брусом *r* внутренней стенки перемычки с помощью поперечин *d* с подкосами *e*, расположенными также через 6 м.

Вдоль полусхваток *b* и *c* при посредстве направляющих досок *k* забиваются в песок доски в 2 ряда.

Такая защита действительна даже при сильном волнении, обычно же обходятся более легким типом укрепления.

Применение соломенной стенки впервые имело место в 1903 г. на Днепре у г. Екатеринослава при следующих обстоятельствах. Надо было углубить скалистое дно на площади *P* (рис. 31), при чем фарватер проходил вплотную к линии *zu* внешней стенки перемычки при поверхностной скорости воды свыше 2,5 м/сек.

При таких обстоятельствах нельзя было устроить струеотводные щиты так, чтобы насыпь по линии zu была бы предохранена от размыва.

Вопрос был разрешен так: со стороны реки были поставлены козла MLN (рис. 32), которые несли двойную службу, удерживая песок отсыпи, а также являясь опорой для струеотводных щитов, не дававших возможности струям воды действовать непосредственно на обшивку. Глубина воды доходила до 5,00 м.

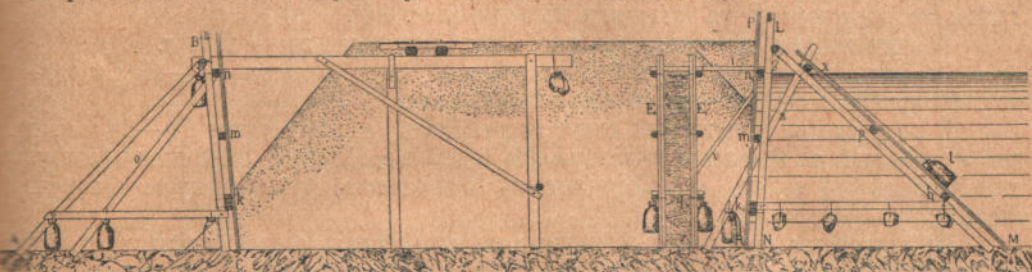


Рис. 32.

По козлам с помощью досок спускалось 2 ряда опорных прогонов h и p , а сверху укреплялся болтами верхний прогон x . Здесь нужно было иметь три ряда прогонов во избежание прогиба досок, имевших длину до 8,50 м.

Так как течение реки направлялось вдоль щитов LM , то необходимо было их погрузить, для чего опускались на снастях досчатые ящики t с мешками, наполненными песком.

Здесь доски не прижимаются течением, а, наоборот, приподнимаются.

Верхние прогоны в середине пролета прикреплялись на болтах подкосами a , пригруженными внизу парой мешков с песком. Двойная обшивка PR имела вырез в месте прохода через нее подкоса a . Нижняя полусхватка k_1 вращается и опускается вместе с козлом, средняя m_1 спускается на досках, а верхняя n_1 у горизонта воды прикрепляется болтами к козлу.

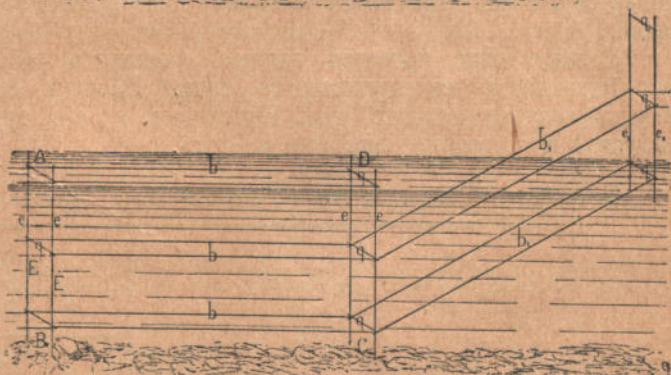
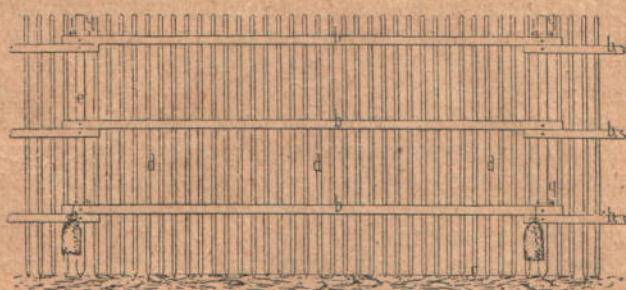


Рис. 33 и 34.

Однако, невзирая на принятые меры, в пространстве наблюдалось некоторое течение воды, а отдельные струи, проникая через обшивку PR , вымывали за нею песок. Вот тогда и были применены, так называемые, соломенные стенки.

Результаты получились весьма благоприятные.

Остов стенки состоял из 2-х параллельных рам E и E_1 (рис. 32, 33, 34), связанных из 12 см брусков и поставленных на расстоянии 1 м одна от другой, и пригружался парными мешками с песком; кроме того, на верхний прогон прибавлялся

брус *i*, а каждая наружная стойка *e* связывалась с ногой козел *MLN* при посредстве вращающегося подкоса *v*. Звено остова *ABCD* (рис. 34) состоит из 4-х стоек *a* и шести продольных полусхваток *b* и шести поперечных полусхваток *q*. К этому звену прикреплялись на болтах парные продольные полусхватки *b*, связанные попарно поперечинами *q*.

По установке на место первого звена *ABCD* парные полусхватки *b*₁ располагались так, что концы их выходили из воды (рис. 34).

К этим концам прикреплялось на болтах следующее звено и т. д.

По установке остова прилаживают рейки *d* (рис. 33) через 14—16 см одна от другой, прибивая их гвоздями к верхним прогонам.

В полученный решетчатый ящик погружалась солома слоями 20—30 см, причем на каждый слой соломы накладывался такой же толщины слой песка; загрузка трамбовалась под водой. Песчаная отсыпь возводилась одновременно с соломенной стенкой.

По устройстве перемычки оказалось, что соломенная стенка, повидимому, вовсе не пропускала воды, так что песчаная насыпь до соломенной стенки держалась прекрасно.

Однако, насыпь между соломенной стенкой и обшивкой все время давала осадку, что требовало досыпок песка, правда, незначительных в виду небольшого объема этой насыпи.

Мятая солома закрывала отверстия в решетках стенок, а подвижка песка привела к тому, что оставшиеся поры вовсе закрылись, и стенка перестала пропускать воду.

Наблюдение за работой соломенных стенок приводит к выводу, что применение их позволяет весьма значительно уменьшить толщину песчаной отсыпи, а также, в случае нужды, обойтись вовсе без струеотводных плит.

При подпоре не свыше 2 м достаточно иметь отсыпь шириной 5 м, из коих 1 м идет на соломенную стенку. Последняя, будучи хорошо утрамбована, настолько хорошо задерживает воду, что при не очень сильном течении ею можно заменять и всю отсыпь, делая лишь снаружи небольшой песчаный откос, не выводя его даже из воды.

Бывали случаи, когда после разборки решетчатого деревянного остова сама стенка оставалась неразмытой течением и ее приходилось счищать замечерпательными.

В заключение приведем данные о затрате рабочей силы и материалов на устройство перемычек описываемого типа. Таблицы составлены путем обработки сведений, опубликованных инж. Юргевичем в его труде «Перемычки с песчаной загрузкой и подводные взрывные работы».

Устройство 1 пог. м струеотводного щита требовало:

	Глубина до 2,80 м	Глубина от 2,8 м до 4,25 м	Глубина от 4,25 м до 6,4 м
1. Плотников	2,25	2,88	4,44
2. Рабочих	0,94	0,90	0,80
3. Бурльщиков	1,20	1,10	0,845
4. Камня в глыбах по 100 кг весом для загрузки козел	0,13	0,12	0,09
5. Леса круглого куб. м	0,263	0,375	0,885
6. Досок сосновых полустылых толщи- ной 4 см	0,588	0,850	1,170
7. Болтов железных кг	1,6	1,8	2
8. Гвоздей кг	0,5	0,5	0,5
9. Проволоки кг	0,8	0,8	0,75

Устройство 1 пог. м внутренней стены перемычки требовало:

	Глубина до 2 м	Глубина от 2 м до 3,50 м	Глубина от 3,50 м до 4,25 м	Глубина от 4,25 м до 6 м
1. Плотников	1,47	1,84	2,1	3,08
2. Землекопов	0,24	0,24	0,24	0,24
3. Рабочих	0,56	0,60	0,64	0,51
4. Круглого леса	0,21	0,33	0,465	0,83
5. Пилоного леса (получи- стых досок) куб. м	0,316	0,378	0,437	0,756
6. Веревков смоленых кг	0,33	0,33	0,33	0,24
7. Мешков штук	1,9	1,9	1,9	1,5
8. Болтов кг	1,45	2	1,8	1,6
9. Поковок железных кг	0,8	0,9	0,77	0,5
10. Гвоздей кг	0,5	0,5	0,5	0,5

Полное устройство и постановка одного звена остова соломенной
стенки высотой 4,25 м.

На 1 пог. м стенки требовало:

1. Плотников	0,84
2. Кровз толщиной 13 см = 3 ^в длиной 6,40 м = 3 саж.,	0,22
1,86, куб. м	штук 2,5
3. Болтов винтовых 16 мм × 355 мм	штук 1,87
4. Тоже 16 мм × 305 мм	штук 0,3
5. Мешков с песком	пар

Устройство 1 пог. м соломенной стенки при средней высоте
набивки 3,95 м и ширине 0,71 м
требовало:

1. Плотников	0,24
2. Рабочих	1,40
3. Реек толщиной 4,5 см длиной 4,25 м	штук куб. м 11,25
4. Гвоздей длиной 127 мм	кг 0,36
5. Соломы	куб. м 1,30

Обсыпка перемычки требовала на 1 куб. м — 0,63 рабочих при доставке песка
в судах и 0,23 рабочих при доставке песка в вагонетках с берега при дальности
возки до 600 м (12 часов. рабоч. день).

При исчислении коли-
чества рабочей силы принят
люговой рабочий день, к
каковым условиям относятся
приводимые данные.

На основании данных
таблиц и справочных цен на
рабочую силу и материалы
можно найти стоимость
1 пог. м перемычки рассма-
триваемого типа для любых
местных условий.

Перемычки на коз-
лах применяются при не-
больших высотах (до 3 м)
при грунтах, не допускаю-
щих забивки свай. При этом
доски укладываются горизон-
тально, перпендикулярно пе-
редней доске козла, погружае-

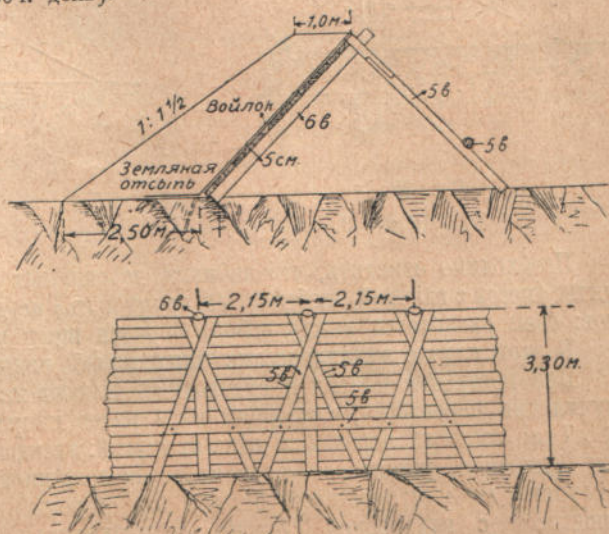


Рис. 35.

мые в воду щитами (рис. 35). Козла ставятся через 2 м ось от оси. В целях придания перемычке водонепроницаемости доски покрываются войлоком, опускаемым до грунта и расстилаемым по дну реки полосой шириной 1—1,50 м. Затем устраивается насыпь с откосом на воду 1:1½ и до 1:2 в зависимости от грунта и скорости течения воды.

Этот тип, отвечающий рис. 35, был применен при постройке плотины и шлюза № 4 на р. Сев. Донце (хутор Виноградный) и показал хорошую работу как в отношении устойчивости, так равно и в отношении водонепроницаемости.

При больших высотах потребуются горизонтальные прогоны по козлам, а доски надлежит располагать в перпендикулярном направлении против описанного случая.

Тогда их можно слегка загнать концами в грунт, применяя деревянные колотушки. Если скала прикрыта небольшим слоем грунта, допускающего погружение в него досок на 10—20 см.

Контрактная цена 1 пог. м перемычки на

козлах Донецкого типа в условиях 1911—1913 г.г. равна 28 р. при высоте перемычки до 3 м.

Разборка того же типа перемычки расценена в контракте в 5 р. за 1 пог. м.

Однорядные шпунтовые перемычки устраиваются на грунтах, допускающих забивку свай, при не слишком больших скоростях течения воды и высоте перемычки над грунтом не выше 4,5—5 м.

В СССР применяются пока исключительно деревянные сваи, а в Америке преимущественно железные. Последние по выполнению работы вынимаются в пригодном виде для дальнейшего использования; к тому же могут держать гораздо больший подпор при значительной водонепроницаемости. Однако, и в Америке применяются деревянные перемычки (рис. 36, 37) из сдвоенных рядов досок без вынутых пазов и нарубки гребня.

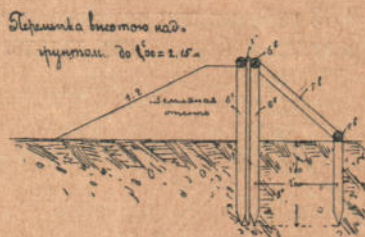


Рис. 38.

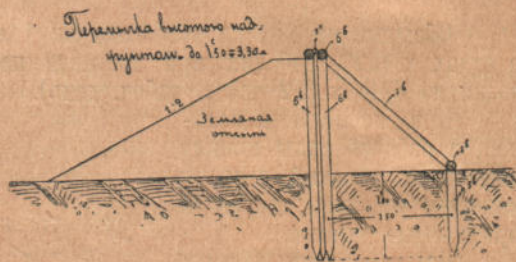


Рис. 39.

Необходимо отметить, что забивка деревянных шпунтовых свай в некоторые грунты (песок с галькой, щебенистый грунт и др.) не дает удовлетворительных результатов; сваи расходятся между собой, образуя щели и не проникая глубоко в грунт.

В этом случае металлические шпунтовые ряды опять предпочтительней.

При постройке плотин и судоходных шлюзов на Сев. Донце широкое применение получил тип перемычки, состоящий из 2 рядов направляющих свай $d = 6$ вершк. = 26,7 см, забитых через 2 м одна от другой; насадок, положенных на направляющие сваи; одиночного шпунтового ряда из досок толщиной 3" = 7,6 см, забитых в грунт на глубину до 2 м; земляной отсыпи со стороны воды шириной поверху 1,00 м и подкосов с внутренней стороны, упирающихся в прогоны, одетые на шины упорных свай.

В зависимости от высоты перемычки подкосы расположены в один или два ряда (рис. 37, 39, 40).

Всего на Сев. Донце было выстроено 10 перемычек описанного типа при общей длине в плане 3,5 км.

Работа первых перемычек показала, что упорное бревно нецелесообразно сажать на шипы упорных сваяк, а следует укладывать прямо на грунт впереди сваяк, вплотную к ним во избежание смывания шипов.

Для отсыпки применялся грунт, вынутый из котлована: чистый песок мелкий и средней крупности (сооружения №№ 2, 3 и 6), землистый грунт (№№ 4 и 7) и песчано-глинистый грунт с примесью щебня и гальки (соор. № 5).

Никаких струеотводных щитов не применялось.

В случае применения чистого песка требовалось на 40% больше грунта, чем по чертежам, так как песок средней крупности, сгружаемый с вагонеток по речной линии перемычек, не везде успевал лечь на дно, частью уносился течением вниз по реке.

Для лучшего уплотнения песчаной насыпи, а также для постепенного затягивания щелей между шпунтовыми досками водоотлив производился с постепенным и медленным усилением работы насосов.

Работа по устройству перемычки производилась в следующем порядке.

Сначала ручным способом забивались в дно реки сваи $d = 3\text{ в} = 13\text{ см}$ в 3 ряда параллельно линии будущей перемычки (рис. 41); сваи схватывались насадкой, перпендикулярной линии перемычки при расстоянии между сваями в направлении по длине насадки в 3 м, а в перпендикулярном направлении (т.е. по длине перемычки) через 2,5—3 м (рис. 42).

По насадкам укладывались без укрепления брусчатые шпунтовые сваи в качестве приспособления для устройства подмостей для паровых копров (сист. Арциша), передвигавшихся по шпунтинам на обычных копровых катках.

В дальнейшем, по миновании необходимости, шпунтовые сваи шли в дело по своему назначению, т.е. для устройства постоянных шпунтовых рядов плотины и шлюза.

Такой прием работ по забивке перемычки уместен при небольших глубинах.

Сначала от берега шел паровой копер Арциша, забивавший исключительно маячные сваи, следом за ним плотники ставили на них насадки. Затем шел другой копер, забивавший шпунтовые сваи. Работа шла одновременно 2—3 копрами при весе бабы 900 кг.

Успешная забивка в песок высоких досчатых свай требовала коротких, но частых ударов бабы, падающей с высоты 25—40 см, что понятно: необходимо, чтобы сваи находились почти все время в движении. Сваи при этом соединялись гвоздями по 2 и даже по 3 с общим бугелем

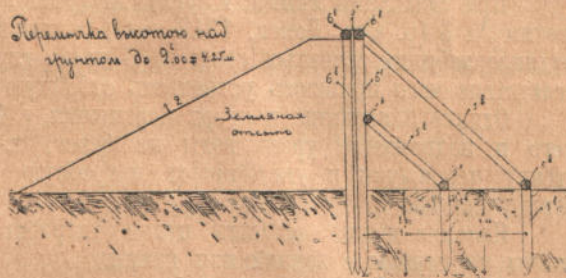


Рис. 40.



Рис. 41.



поверху. Это давало возможность забивать сваи с длиной до 8,50 м при толщине их 3" = 7,5 см. правда, на глубину не свыше 1,5—2 м.

Лучший порядок забивки следующий.

Забив маячные сваи по всему контуру перемычки, немедленно забивают речную шпунтовую линию, параллельную течению реки.

Поперечные линии лучше забивать от реки к берегу во избежание затруднений при смыкании линий перемычки на большой глубине.

При смыкании линий в углу А (рис. 9), при постройке перемычки сооружения № 3 (р. Сев. Донец, 1912 год) размывающее действие течения крайне затрудняло забивку досчатых свай: за 6 часов глубина увеличилась с 1,70 м до 4,70 м, вследствие чего пришлось устраивать отбойную шпору длиной 8,50 м.

Однако замыкание контура перемычки у берега также вызывает размыв последнего и надвижение уреза воды на берег, т.-е. удлиняет поперечную шпунтовую стенку перемычки и увеличивает потребную длину свай вследствие размыва dna реки у берега.

Явление можно ослабить путем устройства с низовой стороны набросной дамбы из мешков с землей или камня.

Последняя работа должна быть выполнена в особо спешном порядке во избежание быстрого подмыва только что забитых свай у берега. Замыкание перемычки с верховой стороны заканчивает работу по забивке перемычки в спокойных условиях (см. на рис. 9 смещение к берегу шпунтового ряда поперечной низовой линии перемычки). Можно сначала забить верховую поперечную стенку АМ, а затем низовую NS. В том и другом случае линия АN должна быть забита раньше всего.

Досчатый шпунт перемычки начат забивкой двумя копрами 12 мая 1912 года, а окончен — 7 июня того же года, что составляет 27 дней при работе в 2 смены.

При этом досчатого шпунта разной длины забито 224,20 пог. саж. = 477,55 пог. м (в плане), что дает на копер—смену около 4,5 пог. м шпунтового ряда (в плане).

Сюда же входят дождливые дни.

Однако, такая малая производительность объясняется тем, что, во-первых, порядок забивки был избран неправильный (смыкание у угла А тормозило работу), а, во-вторых, что наиболее существенно, 2 копра работали от одного вертикального парового котла в 11 атм, что равносильно нормальной работе 1½ копров с самостоятельными котлами.

В 1911 году при тех же копрах на сооружении № 6 в аналогичных условиях копер—смена давал 6 пог. м шпунтового ряда, когда каждый копер имел свой котел.

Дождливые дни сюда также входят.

На сооружении № 3 отсыпка за шпунт производилась одновременно с забивкой шпунтового ряда и была окончена через 2—3 дня по окончании свайных работ по перемычке.

Отсыпка велась вагонетками, которые двигались к перемычке под уклон поездами в 16—20 шт. вагонеток по контуру перемычки и разгружались одновременно в целях быстрейшего возведения насыпи: при разгрузке отдельных вагонеток песок уносился без следа.

В полдень 1 июля 1912 года, когда перемычка сооружения № 3 была в работе и происходило рытье котлованов, шпунт перемычки был подмыт близ угла А и из под шпунта во внутрь стал бить сильный столб воды.

Водолаз (просто хороший пловец, без приспособлений) обнаружил, что отдельные шпунтовые сваи у dna сильно разошлись, гребни далеко не находились в пазах; кроме того, некоторые сваи были подмыты и острия их возвышались над dnом реки.

Немедленно было опущено водолазом в опасные места около 30 кг смоленой пакли и вслед за тем до вечера было погружено за шпунт 300 мешков с навозом и несколько поездов вагонеток с песком.

Одновременно шла энергичная отсыпка песка к шпунту с внутренней стороны.

Меры оказались вполне достаточными: перемычка больше не вызвала забот. Работа по отсыпке велась сдельно в среднем по 18 к. за вагонетку (от 12 к. при начале возки до 24 к. в конце в связи с увеличением расстояния возки).

Число оборотов поезда в смену—от 20 до 12. Каждая вагонетка обслуживалась 2 рабочими. Максимальная дальность возки—400 м.

Заработок рабочего на вагонетке колебался от 1 р. 10 к. до 1 р. 20 к., а отсыпка 1 пог. м. перемычки в среднем—обойдлась в 3 р. 50 к.

Поденные рабочие получали 80—90 к.

Контрактные цены на рабочую силу:

закоперщик	1 р. 85 к.
слесарь	2 " — "
плотник	1 " 50 "
чернорабочий	1 " 20 "

Круглый лес—14 р. 10 к. за 1 куб. м (40 к. за 1 куб. фут).

Ниже помещаем таблицу данных о контрактных ценах на перемычки Сев. Донца фактической стоимости их контрагенту при указанных справочных ценах на лес и рабочую силу:

Размеры перемычки	Контрагент получал за 1 пог. м перемычки	Контрагенту обходился 1 пог. м. перемычки
	р. к.	р. к.
I. Высота над грунтом до 2 м	32 50	31 65
II. Тоже до 3,2 м	39 50	39 70
III. Тоже до 4,2 м	48 80	48 —

При этом не подсчитаны накладные расходы подрядчика; другими словами, перемычки обходятся контрагенту в убыток.

Более значительные глубины и скорости течения воды, зимняя работа перемычки при неблагоприятных условиях прохода льда и потребная длительная служба перемычки являются причинами, из которых каждой в отдельности достаточно, чтобы перейти к другому типу перемычки. В этих условиях прибегают к устройству двойного досчатого ($\delta = 10$ см) или брусчатого ($\delta = 18$ см) шпунтового ряда с промежуточным заполнением грунтом и устройством поверху схваток и тяжей, работающих на растяжение при действии распора грунта между шпунтовыми рядами. На рис. 37 показан американский тип двухрядной перемычки из сдвоенного досчатого шпунта отсыпью на воду. При постройке плотины на р. Оке (Белоомутская и Кузьминская)

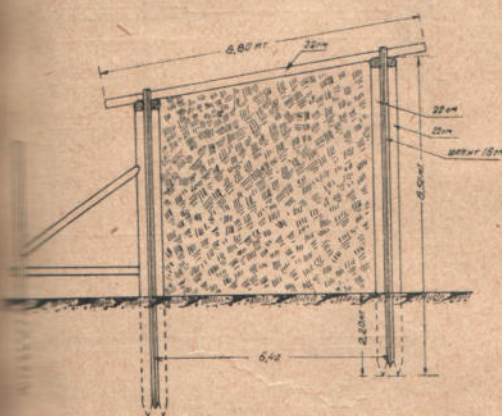


Рис. 42.

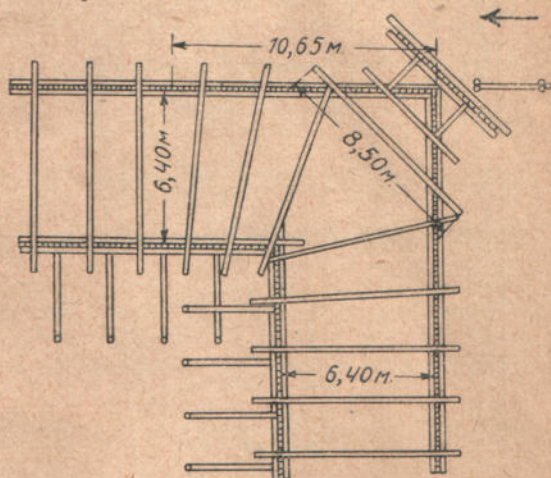


Рис. 43.

применена перемычка описанного типа при толщине шпунтовых свай 10 см. Чаще в тяжелых условиях работы прибегают к применению брусчатых свай толщиной $4 \text{ вер.} = 7'' = 17\frac{3}{4} \text{ см} \approx 18 \text{ см}$ (Шекснинские перемычки).

Расстояние между шпунтовыми рядами берется в 80—100% от высоты перемычки, схватки—затяжки ставятся чрез 3—4 м, а в промежутках укрепляются из круглого железа $d = 2,5$ см (высота перемычки свыше 5 м), работающие на растяжение.

Заполнение между шпунтовыми рядами лучше всего произвести рефулированием в целях быстроты работы и увеличения водонепроницаемости конструкции. В противном случае прибегают к вагонетной возке.

Цены на рабочую силу были следующие:

закоперщик	1 р. 40 к.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{За 8-часовой рабочий} \\ \text{день без начисления} \\ \text{накладных расходов} \\ \text{на рабочую силу} \\ \text{(соп. страхование и} \\ \text{проч. и проч.).} \end{array} \right.$
слесарь	1 " 40 "	
плотник	1 " 25 "	
кочегар	1 " 10 "	
чернорабочий	65 "	
журналист	60 "	

1 куб. м круглого леса стоил 10 р. 60 к. в штабеле на берегу реки на месте работ.

Необходимо отметить, что Шекснинские перемычки имели с внутренней стороны подкос, сначала временный, с упором в средину упорной сваи, а по откачке воды—постоянный.

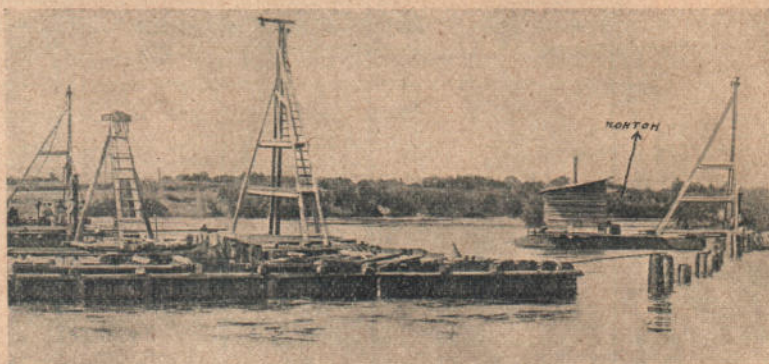


Рис. 55.

На рис. 56 изображена затопленная паводком 19 окт. 1923 г. перемычка для 3-ей секции Черепановской плотины, законченной до прохода высоких вод 1924 года, а на рис. 56а та же перемычка до затопления (13 сент. 1923 г.).

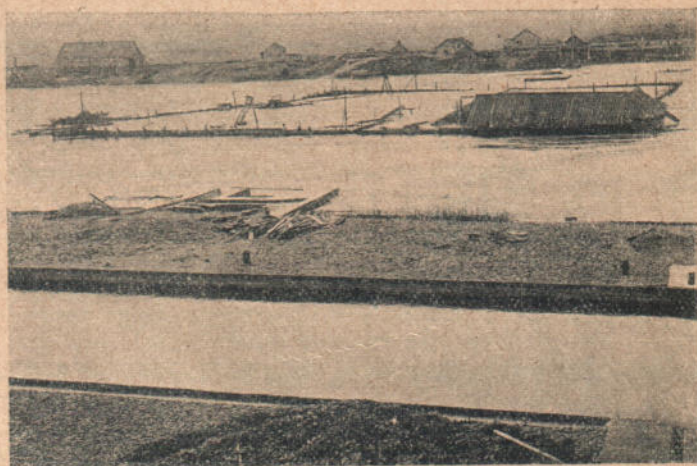


Рис. 56.

На переднем плане видна камера шлюза, наполненная водой. Первая и вторая секции плотины, расположенные у левого и правого берегов, готовы и находятся под водой.

Постройка и разборка одной погонной единицы двухрядной шпунтовой пере-
мычки для устройства Черепановской плотины потребовала следующей затраты рабочей
силы (средние данные):

Наименование	Постройка	Разборка	Всего на 1 пог. саж.	Всего на 1 пог. м
1. Закоперщиков	1,76	2,132	3,892	1,826
2. Слесарей	1,178	—	1,178	0,553
3. Плотников	6,586	1,222	7,808	3,666
4. Кочегаров	2,644	—	2,644	1,241
5. Чернорабочих	32,650	25,194	57,844	27,16
6. Журналистов	1,76	—	1,76	0,826
7. Лошадей	—	1,040	1,040	0,488

Рис. 57—58 изображают повреждение перемычки вследствие слабости тяжа,
представленного по длине из 3-х кусков, и укрепление перемычки с заменой составного
цельным большего $d = 30$ мм. Рис. 59 изображает план перемычки на 2 апреля
1924 г. (сплошной линией показаны неразобранные до 2 апреля участки перемычки).

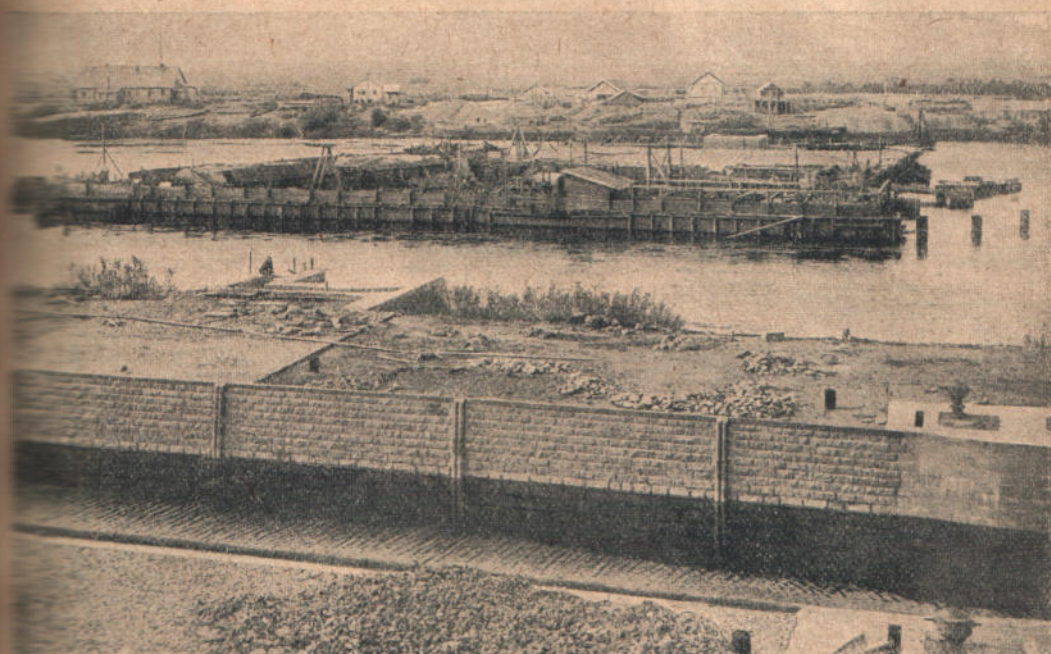


Рис. 56а.

В заключение приведем краткие сведения о ходе работ по постройке 2-хрядной
перемычки 2-й очереди Черепановской плотины (береговой участок).

До августа 1922 года работа шла вяло. С 1 августа были приняты решительные меры
к ускорению работ и с 14 августа последние были пущены полным ходом.

Забивка свай производилась копрами „Арциш“ с бабами весом от 75 пуд. = 1230 кг до
1475 кг. Маячные сваи забивались копром, поставленным на железные понтоны.

Для забивки шпунтовых рядов копры ставились на катки, опирающиеся на насадки вну-
тренней стены перемычки и на специальные бруссы, прикрепленные к маячным сваям наружной
стены.

Для устройства перемычек требовалось забить 365 маячных свай и отвечающее число пог. м
шпунтовых рядов, положить парные насадки, 66 шт. деревянных схваток и 72 шт. железных тяжей.

Вся эта работа была закончена к 20 сентября 1922 года.

После ряда остановок в работе к 25 ноября перемычка была приведена в прежнее состояние (вымытого грунта, восстановление временных приспособлений).

Водоотлив начат был 25 ноября и котлован был осушен 29 ноября, после чего приступлено к земляным работам по подготовке основания под флютбет плотины. Последний был закончен в феврале 1923 года.

В заключение приведем краткие данные о применении металлических шпунтовых свай для устройства перемычек.

Металлические шпунтовые сваи, имеющие применение с начала XX столетия, позволяют устраивать перемычки при большой длине свай.

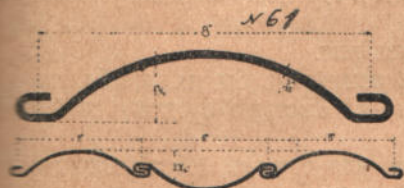


Рис. 60.

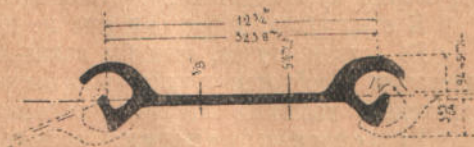


Рис. 61.

Так, при подъеме американского бременоса „Maine“ были применены сваи длиной 22,5 м и глубине забивки до 12 м (грунт — мягкий, илистый). Сваи длиной 22,5 м получались из двух отрезков: в 7,5 м и 15 м, а также 12 м и 10,5 м, располагаемых в разбежку.

Наращивание производилось с помощью накладок по забивке длинного отрезка свай. Сечение свай показано на рис. 61.



Рис. 62.



Рис. 63.

По окончании своей службы сваи выдергиваются и идут на новое применение.

Наиболее совершенные типы металлических шпунтовых свай имеют края, охватывающие соседние сваи так, что отклонение свай от ранее забитой невозможно.



Рис. 64.



Рис. 65.

Сваи имеют перемещение лишь по оси своей, но не в сторону. Другими словами, здесь устранен крупный недостаток деревянных шпунтов, в которых гребень нередко выходит из паза, если не на первой сажени забивки, то на второй, в особенности, если грунт оказывает сильное сопротивление забивке или содержит препятствия.

Сечения металлических шпунтовых свай одного и того же типа отличаются одно от другого величиной момента сопротивления и величиной жесткости замыкателя (рис. 60—64), потребными при различных грунтовых условиях и различной длине свай.

Все они, кроме рис. 60, имеют некоторую игру в замыкателе, позволяющую отклонять одну сваю около другой (соседней) на 20°. Это позволяет забивать шпунтовый ряд по кривой, если имеются препятствия по намеченному пути (рис. 65), без нарушения водонепроницаемости шпунтовой линии.

В целях доведения фильтрации до минимума забивают материал в сопряжение свай.

Рис. 66 изображает в плане однорядную перемычку описанного типа, снабженную поверху прогоном и от него подкосом.

Рис. 67 дает пример использования эстакады, поверху которой доставляются материалы для постройки плотины, в качестве упора металлического шпунтового ряда, преграждающего доступ воды в котлован.

Металлические сваи перемычек рассчитаны на неоднократную работу. Исключительно широкое применение они имеют в Америке, где постройка искусственных сооружений происходит в громадном масштабе.

К сожалению, у нас они еще не нашли применения.

Во всяком случае, если бы какая-либо работа применила бы их у себя, то по миновании надобности трудно было бы рассчитывать на быструю продажу свай при современном масштабе нашего строительства.

Ряжевые перемычки состоят из бревен или брусьев, образующих ряж при рубке в просвет или вплотную, и заполнения грунтом.

В первом случае внутренние поверхности ряжей покрываются дюймовой, обделанной в четверть.

Добавочное досчатое покрытие применяется иногда с наружной стороны (к реке), но чаще обходятся без него. При употреблении пиленого материала брусья имеют



Рис. 66.

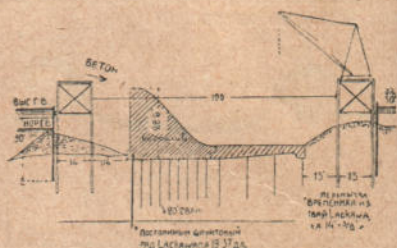


Рис. 67.

сечение размерами 20 см × 20 см или 25 см × 25 см и сболчены между собой в пересечениях.

В случае применения бревен, таковые берутся не менее 15 см в тонком конце, соединение также болтами.

Круглый лес брать предпочтительней: дешевле сооружение и лучше сопряжение с отсыпью.

Ряжи рубятся на берегу или воде на несколько рядов, устанавливаются на своих местах и загружаются грунтом (лучше всего не крупным песком). Затем нарубаются до требуемой высоты. Если дно неровное, то его сначала слегка выравнивают до установки ряжей.

Чем сильнее течение, тем меньшей длины ряжи берут для установки на течении. В среднем надо считать 6 м. В случае применения брусьев, имеющих большую ценность и долговечность, применяют длинные болты, идущие вертикально от дна до горизонта воды и выше, где они могут быть при разборке разболчены.

Применение круглого леса заставляет отказаться от этого приема в виду порчи леса за год — два.

Когда ряж ставится на скалу или валунный грунт, происходит сильная фильтрация воды под дном ряжа.

Тогда прибегают к опусканию смоленого холста, удерживаемого внизу мешками с грунтом.

Там, где это затруднительно устроить, забивают деревянными колотушками внутренние досчатые ряды на ту глубину, на которую они могут войти, а также

лагают впереди ряжа отсыпь на воду по возможности из малопроницаемого грунта.

Стоимость в различных условиях различна, в пределах от 15 до 25 долларов за 1 пог. фут, что дает за 1 пог. саж. от 210 р. до 350 р., а за 1 пог. м от 100 р. до 160 р. (американские данные).

Ряжевые перемычки большой высоты применялись в Кронштадте при постройке сухих доков. Ряжи засыпались и обсыпались исключительно песком в виду свойств его, подробно описанных при рассмотрении вопроса о песчаных перемычках.

Эти свойства песка средней крупности и мелкого, впоследствии позволившие инж. Юргевичу установить особый тип перемычек, нами описанный, широко использовались в Кронштадте на крупных морских строительных работах значительно раньше Днепровских работ инж. Юргевича. От крупного песка пришлось отказываться из-за больших расходов на водоотлив.

Рис. 68 изображает американский тип ряжевой перемычки с отсыпью на воду уменьшения фильтрации, рис. 69 — Волховскую перемычку, ограждающую лишь плотой и 10 пог. м плотины (сплошная рубка).

Иногда в целях уменьшения затрат на водоотлив впереди ряжевой перемычки скалистом или валунном основании устраивают водонепроницаемую стенку из досчатых щитов, скрепленных с ряжем.

Так устроена была перемычка на быстрей реке Flambeau со скалистым и валунным дном при глубине воды 4,25 м (Eng. News Record, February 14, 1924).

Сначала были устроены обычные деревянные ряжи, которые наплавку подводились к назначенному месту и загружались камнем.

К верхнему внешнему краю ряжа прикреплялся на болтах направляющий брус, скрепляемый со внешними стойками, прибитыми к ряжу (рис. 70—71).

На берегу приготовлялись щиты из шпунтовых досок толщиной $2'' = 5$ см и шириной $10'' = 25$ см при длине, отвечающей глубине реки.

Щиты эти вставлялись в раму, сделанную из двух досок толщиной $2'' = 5$ см и снабженную парами схваток сечением $12'' \times 12'' = 30$ см \times 30 см. В этой раме помещался щит из досок $2'' \times 10'' = 5$ см \times 25 см. С ряжей измерялась глубина в местах, отвечающих положению вертикальных досок обвязки щита.

Затем вертикальные доски рамы, а также щита, обрезались по найденным глубинам и рама обвязывалась (рис. 70—71).

Трение между схватками и промежуточными досчатыми сваями щита не позволяло доскам смещаться из рамы при маневрировании всей рамой со щитами при постановке ее на место. Далее доска опускалась до дна и крепко забивалась для плотного сопряжения с дном реки после того, как рама сверху прикреплялась к направляющему брусу ряжа.

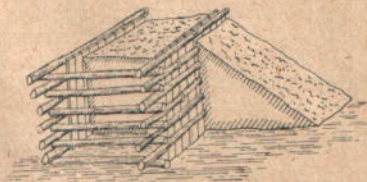


Рис. 68.

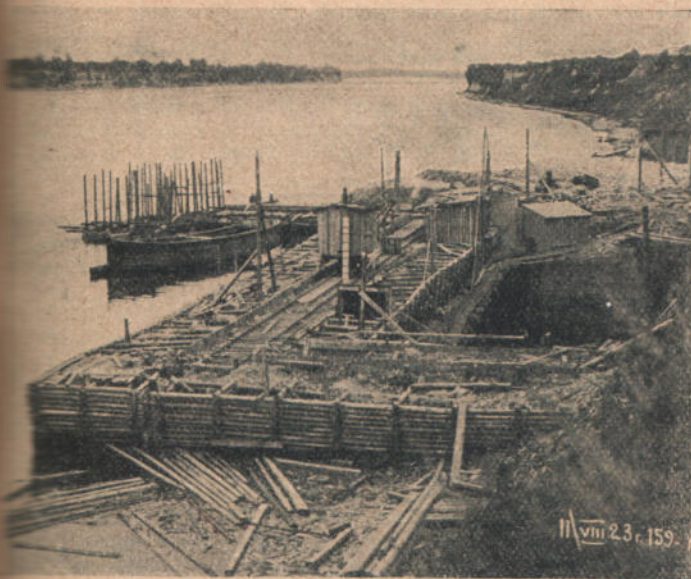


Рис. 69.

До начала водоотлива рама скреплялась с рижом также в нижней части.

Для этого кронциркулем (с равными ножками вверх и вниз) измерялось расстояние между нижней схваткой рамы и стойкой рьяжа, а также между упомянутой стойкой и досчатым щитом рамы.

Эти расстояния отмерялись по верхним концам кронциркуля. Вслед за тем погружалась на место распорка, состоявшая из бруска сечением $6'' \times 6'' = 15 \text{ см} \times 15 \text{ см}$ и верхней досчатой накладки.

Распорка опускалась при помощи рукоятки и прибивалась гвоздем, вставленным в кусок $d = 1\frac{1}{2} \text{ дм.} = 13 \text{ мм}$ трубы с помощью $\frac{3}{8}'' = 9,5 \text{ мм}$ железного прута.

Между распоркой и щитом устанавливалась косая подпорка, связанная верхним концом с направляющим брусом рьяжа.

По окончании всех работ перемычка была обследована железным прутком, согнутым на концы на 5 см под прямым углом. Все обнаруженные места с дефектами прикрывались мешками с землей.

Выстроенная перемычка, имевшая 200 пог. м по контуру, для поддержания огражденного неостранства в сухом виде требовала непрерывной работы насоса в 2".

Ящичный тип перемычки впервые был применен в серьезных условиях работы на реке Ohio в 1912 году при постройке шлюза № 48.

Конструкция состоит из прогонов, поддерживаемых временными стойками, и вертикального внутреннего досчатого покрытия из досок $\delta = 4 - 5 \text{ см}$ (рис. 72).

Прогоны связаны тяжами, ящики заполнены грунтом. Доски обычно слегка забиваются в грунт, а снаружи нередко устраивается отсыпь из грунта.

Упомянутая перемычка на р. Ohio имела огражденную площадь 8.000 кв. м. Максимальная глубина воды у перемычки — 7,20 м, максимальные размеры ящика: ширина 6 м и высота 7,80 м.

С каждой стороны устроено было по 10 прогонов размерами от $5 \text{ см} \times 25 \text{ см}$ до $25 \text{ см} \times 25 \text{ см}$. Досчатое покрытие имело толщину 5 см, а тяжи — от 2 см до 4 см толщиной. Дно реки — песок. Поэтому был забит особый досчатый шпунтовый ряд с наружной стороны с отсыпью из мешков с землей и каменной наброской.

Ящики были заполнены грунтом, вынутым со дна реки.

Этот тип перемычки широко применялся при постройке шлюзов и плотин на р. Ohio, и найден удовлетворительным и экономичным (Thomas and Watt. The improvement of Rivers).

При закладке ящиков грунтом, верх их обшивался досками или покрывался наброской во избежание размыва и уноса засыпки паводками.

Береговые участки перемычек имели ящики шириной 3 м. при больших глубинах — 6 м; 1 пог. м перемычки в описанных условиях на р. Ohio обходился в 33 долл. (ширина ящика 3 м) до 66 долл. и более (ширина ящика 6 м), т.е. от 66 р. до 132 р. за 1 пог. м перемычки и более — в американских условиях.

Заканчивая на этом рассмотрение различных типов перемычек, укажем, что независимо от избранного типа перемычки на случай возможных паводков необходимо предусмотреть устройство водовпускных отверстий, чтобы до затопления перемычки можно было успеть впустить воду в огражденное пространство, так как переливание воды через гребень может причинить повреждение или даже разрушение перемычки в зависимости от типа последней и силы паводка. Эти отверстия располагаются ниже уровня паводка, ширина отверстий до 6 м и более, в зависимости от величины огражденной площади. Закрытие щитовое. Вода отводится через щитовое отверстие по деревянному лотку внутрь огражденного пространства.

§ 5. Выбор типа перемычки.

При описании различных типов перемычек приводились соображения о применении того или иного типа.

Факторами, определяющими тип перемычки, являются: 1. Глубина реки. 2. Скорости течения. 3. Характер грунта. 4. Время службы пере-

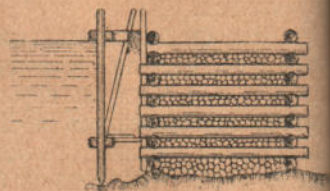


Рис. 70.

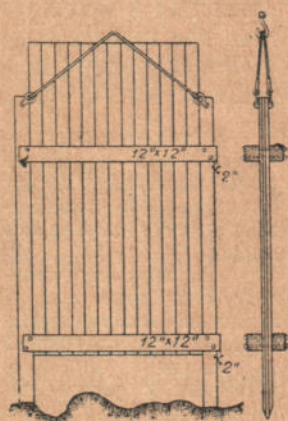


Рис. 71.



Рис. 72.

ки (лето или круглый год). 5. Паводки, зедоход. 6. Характер заплотнения.

При выборе надо помнить, что повреждение перемычек происходит чаще всего промоинами с речной стороны, от паводков, затопляющих перемычку и уносящих ее, от прохода льда и т. д.

Гораздо реже случаи разрушения от непосредственного давления воды или от эрозии под низом перемычки.

Поэтому прежде всего надо отдать себе отчет, в каких гидрологических условиях будет работать перемычка.

Наличие паводков, которые должны выдерживаться сооружением, заставляет проектировать их соответствующей высоты, а это может заставить изменить тип, например, однорядный досчатый с отсыпью на 2-рядный брусчатый при глубинах свыше 2—3 м или отказаться от земляной перемычки, прибегнув к устройству однорядной брусчатой с отсыпью, если глубины возрастают до 3—4 м, а дальнейшее стеснение нежелательно.

При скалистом или валунном грунте dna глубокой и быстрой реки, не допускающей громоздкого профиля песчаной перемычки, или при отсутствии песку на дне с указанным дном и скоростями течения приходится устраивать ряжевый тип. Самый прочный тип, пригодный для работы не один год. При меньших глубинах в скоростях хорош козловый тип. Надо отметить, что практика применения ящичного типа в последние годы выдвигает его всюду, где требуется ряжевый тип; при этом мы выигрываем в скорости производства работ и сберегаем в средствах.

При глубинах от 2 до 4 м и мягких грунтах наиболее предпочтителен однорядный тип перемычки.

Однако, если река допускает значительное стеснение, то при наличии рефулера может оказаться выгоднее применить перемычку из одной песчаной насыпи.

В практике нередко бывают случаи, не отвечающие ни одному из описанных. Так, грунт может оказаться скалистым или плотным глинистым, но прикрытым, например, метровым слоем песку. Глубины большие.

В этом случае попрежнему годится ряжевый тип, но с предварительным снятием грунта по контуру перемычки.

Пример. Перемычка под плотину № 11 на р. Грейт Канон (отсыпка на воду обязательна на гравелистом грунте).

Другой случай. Дно реки песчано-гравелистое, на глубине 10 м ниже dna — скала. Требуемая высота перемычки 10 м над дном реки.

Конечно, здесь был бы применим тип перемычки из металлических шпунтовых свай.

Но за их отсутствием (в иных условиях это и дешевле) вполне уместен ряжевый тип с отсыпью на воду. При этом неизбежен сильный водоотлив во время работ за перемычками.

Пример. Постройка плотины на р. Ohio, указанная Edw. Wegmann в его труде. „The design and construction of Dams“, изд. 1922 г.

3-й случай. Дно реки скалистое, но прикрыто 2-метровым слоем песку средней крупности. Высота перемычки — не свыше 4 м. Скорости за время службы перемычки не свыше 1,2 м/сек. Наиболее удобен однорядный тип из досчатого шпунта с отсыпью из указанного грунта с забивкой свай до скалы. Земляная перемычка из плотных грунтов также уместна.

4-й случай. Возьмем предыдущий случай, но изменим скорость, доведя ее до 3 м/сек. Здесь можно удержать тот же тип, но при условии защиты досчатого шпунта со стороны течения мешками с песком.

Более солидным решением была бы добавка нового досчатого шпунтового ряда при сохранении указанной защиты речного шпунта.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Водоотлив.

В моменту окончания работ по постройке перемычки необходимо установить насосы для осушения огражденной площади. Рис. 73 изображает перемычку для постройки плотины № 6 р. Сев. Донца. Близ речной стенки перемычки с внутренней стороны устроен помост, на котором и установлены насосы (правая часть контура перемычки на фотографии).

Работа за перемычками сопровождается непрерывным и реже периодическим действием насосов, удаляющих воду из огражденного пространства. Непрерывность работы насосов характерна для безостановочного производства работ за перемычками в течение круглых суток (3 смены) или при значительном притоке воды, подлежащей выкачиванию, вне зависимости от числа смен работы.

Периодическое действие насосов обычно при работе с перерывами (одна из 2 смены в сутки) или в случае слабого притока воды, не требующего непрерывной работы основных насосов.

В этом последнем случае работает, например, насос 5" или 6", а насос 8" или 10" не находятся в действии.

Вода просачивается сквозь тело перемычки, а также появляется при вскрытии водоносных слоев грунта котлована.

Роль первой воды особенно значительна при устройстве перемычек без применения шпунтовых рядов на сильно водопроницаемых, а также на скалистых грунтах, обычно плохо сопрягающихся с телом перемычки.

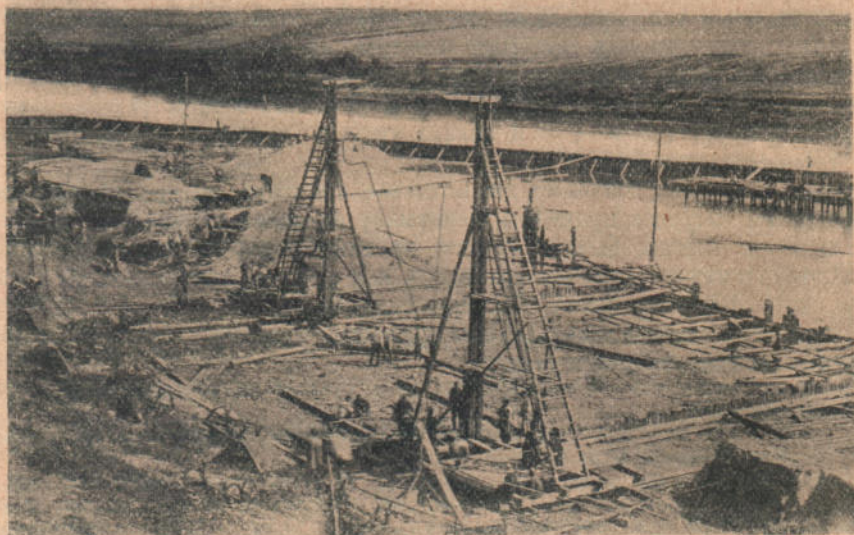


Рис. 73.

В случае применения песчаных перемычек первоначальный приток воды весьма обильен, затем он быстро падает, если не форсировать откачки воды, предоставляя телу перемычки возможность уплотниться и заилиться.

Примеры: перемычки из одного песка на р. Дону на песчаном грунте и на р. Днепре — на скалистом грунте.

Однако, приток воды все же остается при этом значительным, в особенности, если профиль песчаной перемычки недостаточно силен.

Нормально роль величины подпора, при понижении горизонта воды в огражденном пространстве, сводится лишь ко времени, в течение которого падает приток воды с первоначального до минимального.

При устройстве перемычек без применения шпунтовых свай потребная мощность водоотливных устройств определяется первоначальным моментом (грунт — скала, валунный грунт).

В случае устройства перемычек с применением шпунтовых рядов роль фильтрационной воды сквозь тело перемычки уменьшается при осторожном водоотливе.

Однако, при открытии котлованов при водоносных грунтах требуется большая мощность насосов, повышающаяся иногда вдвое и более против первоначально требуемой.

Примеры: Донецкие перемычки сооружений №№ 2, 3 и 6.

Иногда же встречается и такой случай (перемычка на сильно пористых грунтах). При откачке горизонт воды постепенно понижается, но вдруг понижение уровня прекращается и в течение нескольких дней не понижается вовсе при исправной работе насосов. Объяснение в том, что вода огражденного пространства с некоторого уровня начинает выкачиваться вместе с фильтрационной водой. После того, как пути фильтрации через галечно-гравелистый грунт дна расчищены, приток грунтовых вод нарастает и насосы не справляются.

Выходом из положения является добавление нового насоса или прочистка котлов силовой станции, заставляющая насосы работать на предельную производительность. При недостаточной надежности перемычки лучше применить возможно медленное осушение ее.

Величина превышения горизонта воды вне перемычек над дном котлована играет значительную роль в случае пористых грунтов, а в случае плотных, мало водопроницаемых грунтов роль величины подпора значительно меньше, в особенности при 2-рядной перемычке, хорошо забитой в грунт. Таким образом, потребная производительность насосов в каждом данном случае зависит от местных грунтовых условий, а также от типа перемычки.

Однако, имея под рукой подробные данные о местных условиях, в коих работают перемычки, можно примерно подобрать мощность насосов, потребную в данных условиях.

Резкие отклонения (несовпадения) возможны лишь в случае сильно проницаемых гравелистых грунтов, залегающих на значительную толщу. В этом случае приближаясь к американским данным (см. ниже), снижая неблагоприятные результаты применением по возможности 2-рядной перемычки и даже с отсыпью на воду, если грунт допускает забивку свай и длина их не более 9 м (дерево).

Наблюдения, произведенные автором над работой водоотливных устройств в 12 случаях, дали следующие результаты:

1. Сооружения №№ 6, 3 и 2 на р. Сев. Донце (6 перемычек). Грунт — средней крупности. Перемычки однорядные, из досчатого шпунта с отсыпью на воду из песка с уклоном $1:1\frac{1}{2}$, $1:2$ (см. выше).

Максимальная производительность насосов требовалась при открытии котлованов проектной отметки. При этом приток воды к насосам доходил до 0,3 л/сек. с 1 кв. саж. вскрытой площади котлованов под водобой и риберму, т.-е. 0,066 л/сек. с кв. м.

В начальный момент откачки огражденного пространства достаточно было иметь минимальную производительность насосов.

Площадь, огражденная перемычкой 1 очереди сооруж. № 3, достигала до 2400 кв. м при общей площади всех котлованов до 4.600 кв. м. На огражденной площади сооружалась первая секция плотины, шлюз, расположенный в реке, и направляющая дамба для входа в шлюз. Периметр перемычки был равен 562 пог. м.

При постройке II секции плотины имели соответственно меньшие площади: огражденная площадь — 4.500 кв. м и площадь котлованов — 2.200 кв. м. Приток воды к насосам с 1 кв. м тот же.

2. Сооружение № 5 на р. Сев. Донце (2 перемычки). Грунт — песчано-галечный со значительным содержанием гальки, щебня и гравия. Перемычки того же типа. Приток воды с 1 кв. м вскрытой площади котлована не достигал выше 0,65 л/сек. предыдущего (т.-е. $0,65 \times 0,066 = 0,043$).

3. Сооружение № 4 на р. Сев. Донце. Грунт на дне котлована — известняковая скала, прикрытая тонким слоем глинистого грунта. Перемычки козловой типа (см. выше). Максимальный приток воды с 1 кв. м достигал лишь 0,6 л/сек. предыдущего для сооружений №№ 2, 3 и 6, несмотря на малый путь фильтрации

воды в месте сопряжения перемычки с грунтом ($0,6 \times 0,066 = 0,04$). Отметка воды вне Донецких перемычек превышала отметку дна котлована на 3,8—4,2 м.

4. Черепановское сооружение на р. Шексне (2 перемычки). Грунт глинистый, с примесью ила. Перемычка описана выше (см. главу пятую). Отметка воды вне перемычек превышала отметку дна котлована на 5,75—6,40 м.

Приток воды с 1 кв. м площади вскрытого котлована не превышал 0,035 литра в секунду (т.е. 0,53 от 0,066).

Перемычки песчаные — типа, описанного в книге инж. Юргевича («Перемычки с песчаной загрузкой»), примененные на скалистом грунте, требуют водоотливных средств никак не меньше, чем это указано было для сооружений №№ 2, 3 и 4 р. Сев. Донца (на 20—25% более).

Вообще, применение перемычек, тело которых сопрягается со скалистым дном реки лишь соприкосновением, вызывает большой приток воды к насосам.

Перемычка сплошного песчаного профиля, полученного даже рефулированием (Кочетовская плотина на Дону) на песчаном грунте вызывает потребность в более мощных водоотливных средствах, нежели указанный выше предел (см. случай 1). В этом случае приток к насосам достигает в секунду 0,08 л/кв. м площади (начальный момент).

Здесь многое зависит от профиля отсыпи, крупности песка и наличия илистых частиц с напорной стороны перемычки. Для предварительных соображений здесь над исходить из начального периода, так как в дальнейшем перемычка заилается и водоотлив требуется меньший.

При зимней работе по устройству засыпки за перемычку (или между шпунтовыми стенками) получаются иногда чрезвычайно тяжелые случаи, вследствие непригодности смерзшейся земли в качестве засыпки, вызывающей сильнейшую фильтрацию даже при двухрядном типе.

Пример — постройка плотины № 1 на р. Оке.

В заключение приведем ряд данных о водоотливе, имевшем место при постройке плотин в СССР и Америке. Эти данные позволяют ознакомиться с целым рядом практических деталей. Для освещения вопроса с теоретической стороны приведем соображения инж. М. Е. Кнорре о фильтрации воды через тело перемычки.

Количество воды, фильтрующей через песчаную перемычку, равно $Q = k \cdot i \cdot \omega$, если принять линейную зависимость между скоростями и напором.

Здесь k — физический коэффициент водопроницаемости грунта, равный $\mu \cdot k'$, где μ — коэффициент пористости грунта, а k' — скоростной коэффициент.

k — выражает количество воды, проходящее через единицу площади в единицу времени при уклоне 1 : 1.

Формула $Q = k \cdot i \cdot \omega$ примет вид: $Q = k \cdot \frac{dy}{dx} \cdot y \cdot l$, где l — длина перемычки (\perp чертежу), а на 1 пог. м перемычки $q = ky \cdot \frac{dy}{dx}$.

При установившемся движении $q = \text{const}$ (этого, строго говоря, не бывает) и $q \cdot x = \frac{ky^2}{2} + C$; при $x=0$, $y=h$, $C_1 = -\frac{k \cdot h^2}{2}$; $q \cdot x = \frac{k}{2} (y^2 - h^2)$; при $x=L$, $y=H$ и $q = \frac{k}{2L} \cdot (H^2 - h^2)$; где q — максимальное количество воды, фильтрующей до заиливания перемычки.

При откачивании воды из огражденного перемычками пространства удаляется вода, огражденная контуром перемычки (и из тела самих перемычек) — Q_1 куб. м/сек. = $= f(h) \cdot \frac{dh}{dt}$, где $f(h)$ — поверхность зеркала воды на глубине h над дном котлована; $f(h) = \sim l \cdot [b + 2(n+1) \cdot H] = \text{const}$, где l — длина котлована; кроме того удаляется вода, профильтровавшая сквозь тело перемычки в количестве $Q_2 = 2 \cdot l \cdot \frac{k}{2L} \cdot (H^2 - h^2)$ в секунду.

Возьмем $l = L_0 = (n+1) L$ для упрощения задачи.

Производительность насосов.

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 = l [b + 2 (n + 1) \cdot H] \frac{dh}{dt} + \frac{l \cdot k}{(n + 1) \cdot H} \cdot (H^2 - h^2)$$

$$dt = \frac{l [b + 2 (n + 1) H] \frac{dh}{dt}}{Q_0 - \frac{l \cdot k \cdot H}{n + 1} + \frac{l \cdot k h^2}{(n + 1) H}}; T = l [b + 2 (n + 1) H] \cdot \int_0^H \frac{dh}{A + B h^2},$$

$$A = Q_0 - \frac{l \cdot k \cdot H}{n + 1}; B = \frac{l \cdot k}{(n + 1) \cdot H},$$

$$T = l \cdot [b + 2 (n + 1) \cdot H] \cdot \frac{1}{\sqrt{AB}} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{B}{A}} \cdot H \right).$$

Множитель $l [b + 2 (n + 1) H]$ есть площадь котлована

$$P \cdot l, \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1}{\frac{Q_0 (n + 1)}{l \cdot k \cdot H} - 1}} = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1}{\frac{Q_0}{Q_2} - 1}},$$

как $\frac{l \cdot k \cdot H}{n + 1}$ есть максимальное секундное количество фильтрационной воды обеих перемычек. Выражение

$$\sqrt{\frac{Q_0 \cdot k \cdot l}{(n + 1) \cdot H} - \frac{k^2 \cdot l^2}{(n + 1)^2}} = \frac{V \cdot Q_2 \cdot \sqrt{Q_0 - Q_2}}{H},$$

потому

$$T = \frac{P \cdot l \cdot H \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{Q_2}{Q_0 - Q_2}}}{V \cdot Q_2 \cdot \sqrt{Q_0 - Q_2}} = \frac{V \cdot \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{Q_2}{Q_0 - Q_2}}}{V \cdot Q_2 \cdot \sqrt{Q_0 - Q_2}},$$

V — первоначальный объем воды в котловане.

Таким образом, производительность насосов Q_0 здесь связана с временем осушения огражденного пространства.

Принимая $Q_2 = 2 l \cdot \frac{k}{2L} \cdot (H^2 - h^2)$ в соответствии с изложенным выше, мы рассматриваем лишь случай водонепроницаемого основания.

В случае водонепроницаемого основания фильтрующий пласт увеличивается (и h увеличивается).

Однако, практически при выборе производительности насосов это сказывается значительно лишь при галечно-гравелистом подстилающем слое, не содержащем глинистых частиц.

Во всех других случаях производительность насосов можно брать, исходя из приведенной формулы, задаваясь временем T — осушения котлованов, так как при постепенном осторожном осушении тело перемычки быстро увеличивает свою водонепроницаемость. Первый день работы насосов ни в каком случае не рекомендуется превышать горизонт быстрее, чем на 4—5 см в час; хорошо временами останавливать насосы. Для чистого песка средней крупности имеем $k = 0,004 d^2$, где d — действующий диаметр песчинки в мм¹). Такой теоретический подсчет интересно произвести при непроницаемом основании насыпной перемычки значительной высоты.

Плотины на р. Сев. Донце.

С 1911 по 1914 г. на р. Сев. Донце² было построено 6 каменных судоходных плузов и 4 бетонных плуза с фермами Поаре.

Выполняя строительные сооружения на Донце, стремился использовать оборудование, накопившееся от предыдущих работ, что внесло применение для водоотлива на Донце автомобилей,

¹ Действующий диаметр называется d такого зерна, меньше которого в данном грунте содержится 10%, зерен по весу.

² Проведение работ по устройству плотин.

вертикальных паровых котлов с насосами „Ненобеимый“, паровых турбонасосов, нефтяных двигателей „Скандия“ с центробежными насосами, пульсометров и т. д.

Опыт работы этого оборудования за один 1911 год (сооруж. №№ 6 и 7) показал, что выгоднее оборудовать центральные электромеханические станции на новых 3 сооружениях, к постройке коих было приступлено в 1912 году (№№ 2, 3 и 4), чем иметь дело с отдельными водоотливными установками по площади котлована (насос и тепловой двигатель), требующими затрат на перемещение, которого, кстати сказать, не удалось произвести при быстро наступивших паводках.

При подаче тока к электромоторам насосов имеем легко перемещаемые установки; все громоздкое находится на берегу, на незатопаляемом месте, где располагается силовая станция.

Зимние паводки 1911/12 г. лишний раз подчеркнули недостатки отдельных водоотливных установок, оставшихся под водой до мая месяца 1912 г.

Силовая станция на каждом сооружении в 1912/13 г. состояла из двух локомотивов общей мощностью 60 НР (26 НР + 34 НР) и двух динамо соответственной мощности.

При промывке локомотива на 34 НР сооружение было обеспечено самой необходимой энергией, сообщаемой локомотивом на 26 НР.

Рис. 74 изображает план расположения насосов при постройке 1 очереди сооружения № 3, с показанием размеров насосов.

8 июня 1911 г. в 8 часов вечера 10⁰⁰ насос Борзиг начал качать воду из огражденного пространства и к 12 ч. дня 11 июня площадь, огражденная перемычкой, была осушена. Остались

местами скопления воды, не имевшей стока к насосам. Устройством канав и размещением насосов, как показано на рис. 74, достигнут был надлежащий сток и осушение огражденного дна реки.

8" насос Вортингтон был доставлен и установлен впоследствии, когда откопка котлована была наполовину произведена.

На него не хватало энергии с центральной станции, вследствие чего насос 8" был соединен с нефтяным двигателем „Скандия“ мощностью 15 НР на валу.

Расходы контрагента на водоотлив составляли от 5 до 80% от полной стоимости по контракту частей сооружений, требовавших водоотлива для своего выполнения, в зависимости от притока воды к насосам.

При этом посчитаны были:

- а) 0% на капитал, затраченный на электромеханическое оборудование.

- б) амортизация механического оборудования, исходя из пятилетнего срока (списывалось ежегодно $\frac{1}{5}$ стоимости) и погашение капитала.

- в) то же электрооборудования со списыванием в год $\frac{1}{8}$ стоимости;

- г) расходы на топливо и смазку, а также на текущий ремонт;
- д) расходы на служащих при водоотливе и оборудовании;
- е) устройство навесов, свайных площадок для насосов, колодцев и поддержание глубины в них, водоотливных лотков, прочистка канав и проч., и проч.;
- ж) расходы главной конторы, отнесенные на водоотлив.

При этом на прочистку канав, подводящих воду к колодцам, а также на поддержание надлежащей глубины в колодцах, приходилось от 0,7 до 0,9% из упомянутых 80% и не более 0,7% из 50%. По сооружению № 3 р. Сев. Донца п. а + б + в давали 30% всех расходов по а — ж, п. г — 23%, п. д — 18%, п. е — 9% и п. ж — 20%, всего 100% расходов на водоотлив.

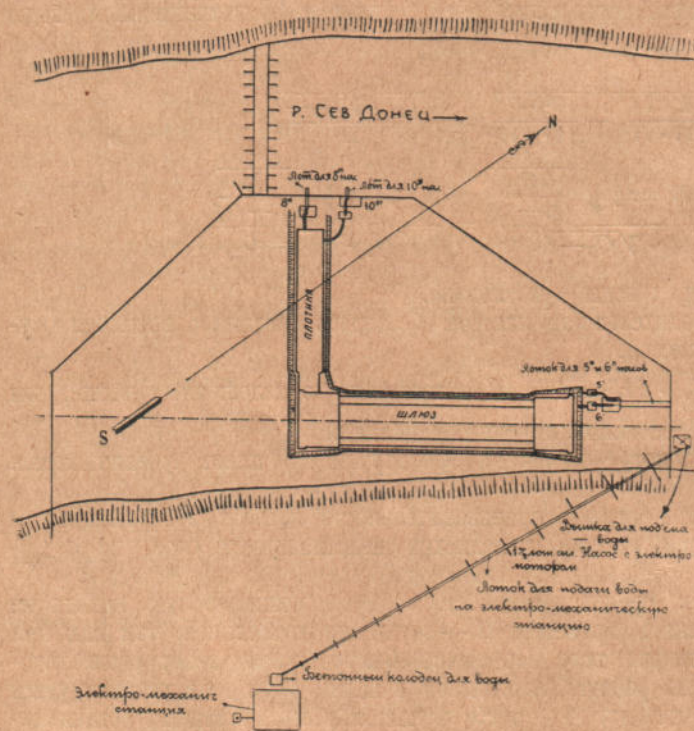


Рис. 74. План расположения насосов при постройке первой очереди сооружения № 3 на р. Сев. Донце.

Канавы устраивались вдоль шпунтовых рядов, идущих поперек реки, и соединялись в колодец, шедшем дно на 1 м ниже дна канав колодца, что требуется для погружения в колодец хвостика насоса, во избежание засасывания воздуха и остановки насоса. В плотных грунтах, где пришлось заботиться от забивки постоянных шпунтовых рядов (сооружение № 5), канавы вырывались с отвесными внешними откосами и внутренними — $1 : \frac{1}{2}$.

Колодец вырывался с отвесными откосами.

В случае песчаных грунтов колодец рылся постепенно с параллельной забивкой досчатых шпунтовых свай по прямоугольному контуру с оставлением интервала между сваями в 0,30—0,40 м притока воды в колодец из канав. Шпунтовые доски забивались щитами, а не по одиночке, гарантировало плотность соприкасания досок: гребень не выходил из паза.

Для забивки применялись деревянные бабы и колотушки.

При забивке досчатых свай в отдельности колодец быстро заносился песком вследствие плотности подучавшегося шпунтового ряда.

В первоначальный момент насосы обычно располагались на перемычке, а затем устраивался временный помост из 14—16 см леса значительно ниже верха перемычек для уменьшения высоты засасывания насосов.

Отводящая труба изливала воду в деревянный лоток из досок 5 см толщины.

Лоток проходил через перемычку в прорубленное окно ниже верха перемычки для уменьшения полезной работы двигателей.

Насосы у нижней головы шлюза № 3 (рис. 75) выливали воду в лотки, отводившие воду на перемычку и установленные поверху козел из 8—12 см леса.

Необходимо отметить, что отвод воды к насосам требует особого внимания при насосной копке котлована.

Неискусное руководство отводом воды удорожает земляные работы, заставляя транспортировать жидкий грунт при исправном действии насосов.

Лишние 2—3 поденщика на отводе воды к колодцам и на прочистке канав, не снимаемые на другие работы, не расточительность, а серьезная экономия. Для лучшего осушения котлована необходимо иметь дополнительно насос меньшей производительности.

На Донце таким насосом был центробежный насос в 5".

Плотины на р. Оке.

На р. Оке строились 2 сооружения (на каждом шлюз и плотина) одновременно с шлюзованием р. Сев. Донца.

Одно из этих сооружений (Белоомутская плотина) впоследствии разрушилась, не прослужив и года.

Речная перемычка для устройства среднего участка плотины имела размеры в плане: 75×70 м.

Перемычка двухрядная из 10 см досчатых шпунтовых свай.

Загрузка между шпунтовыми стенами была произведена мерзлой землей (перемычка была закончена к 20 декабря 1911 г.).

Днем 20 декабря начался водоотлив тремя центробежными насосами 10", 8" и 6" и к вечеру вода понизилась внутри перемычек на 0,36 м.

22 декабря понижение достигло 1,28 м.

Однако, к 31 декабря водоотлив был прекращен за невозможностью дальнейшего понижения горизонта воды.

Неуспех был объяснен недостаточностью водоотливных средств. Таковые были поданы.

После кратковременного успеха, при отсутствии видимых на глаз повреждений или каких-либо других причин, горизонт воды внутри перемычек стал быстро повышаться.

После частичной замены мерзлого грунта свежим грунтом и навозом были пущены в ход:

2 насоса по 10" и 4 насоса размерами 8", 7", 6" и 5".

В ночь со 2 на 3 февраля 1912 года в расстоянии 3 м от стены перемычки с внутренней ее стороны показался фонтан воды.

Перемычка была затоплена в 20 минут и рабочие едва спаслись. Ряд непрерывных усилий ни к чему не привел.

Очевидно, здесь налицо чрезмерная фильтрация непригодной мерзлой засыпки, а также пористого грунта дна реки. При тщательно устроенной двухрядной брусчатой перемычке без допущения мерзлого грунта не произошло бы описанных результатов: все ограничилось бы добавлением насосов, производительностью никак не свыше указанных.

Песчаная перемычка на Днепре у г. Екатеринослава.

Площадь перемычки равнялась 21.560 кв. м, внутренний периметр 640 пог. м. По откачке воды на 0,85 м насосы были остановлены на 5 час. 10 мин. За это время вода в перемычке поднялась на 0,075 м или прибыль воды путем фильтрации равна $21.560 \times 0,075 = 1.618$ куб. м; следовательно, на 1 пог. м перемычки пришло 0,14 л/сек. при переменном напоре от 0,85 м до нуля.

Откачивание воды начато было вновь в 6 час. утра двумя насосами 10" и 12", при чем часовая убыль воды равнялась около 0,042 м; далее в 10 час. утра перестал работать 10" насос и работал лишь 12" при убыли за час 0,02 м; в 11 часов поставили 3 насоса (12" и 2 по 10") и часовая убыль колебалась от 0,064 до 0,042 м.

Тремя насосами работали до 12 час. ночи и в 12 часов ночи водоотлив был прекращен до 5 час. утра.

Остановка оказалась необходимой, так как под действием напора песок из отсыпи выпирался во внутрь, а в теле перемычки появились провалы.

В 5 часов утра опять пустили в ход все 3 насоса и к 7 часам вечера огражденная площадь была осушена.

На другой день с фильтрацией свободно справлялся один насос в 10".

Цель устройства рассматриваемой перемычки — расчистка каменных гряд.

Таким образом, при устройстве песчаных перемычек на скалистом грунте мощность водоотливных средств устанавливается начальным периодом осушения огражденной площади.

Американские данные отличаются неполнотой. Так, Thomas and Watt (The improvement of Rivers) считают, что для перемычки обычного размера, т.е. около 4.000 кв. м, достаточно иметь 2 двенадцатидюймовых насоса в начальный момент; далее достаточно работы одного из них, ибо перемычка меньше фильтрует.

Выше мы видели, когда это может иметь место.

Кроме того хорошо иметь один 6" насос для лучшего осушения площади котлованов.

Высоту всасывания не следует брать более 6 м, лучше меньше.

При работе песчаной перемычки на илистом грунте (плотина Assiout на р. Ниле) работало 9 насосов от 6 до 9" при высоте перемычки до 9 м и напоре до 6 м (до низа перемычки). Дно котлована изобиловало ключами.

Огражденная площадь была равна 10.000 кв. м.

При гравелистом грунте и огражденной площади 8.000 кв. м требовалось 3 насоса по 12" (плотина № 18 на р. Ohio).

При площади 12.000 кв. м работало 4 насоса по 12" при горизонте воды вне перемычек на 3,60 м выше межеи (шлюз № 1 на р. Allegheny). Грунт — сильно фильтрующий гравий.

Сильно пористый грунт дна реки, залегающий на большую толщу, как видим, вносит значительное отступление от норм, принятых выше. Нильская песчаная перемычка не дает результатов, отличающихся от сведений, опубликованных инж. Юргевичем, несмотря на значительно большую высоту Нильской перемычки и обилие ключей.

По тем же американским данным, при площади в 2.500 кв. м, при откачке огражденной площади, требовалась работа лишь одного насоса в 2" при каменистом и валунном дне реки Flambeau. (Eng. New Record Febr. 14, 1924).

Правда, перемычка была сделана особо тщательно (см. выше).

Изложение вопроса о водоотливе было бы неполным, если бы мы не упомянули о так называемом грунтовым водоотливе.

В России при постройке плотин он был применен один раз и выявил свою высокую стоимость по первоначальным затратам, что, впрочем, было известно и по западно-европейским данным (применен на Дону при постройке шлюза № 4). Однако, справедливость требует отметить, что не было произведено полного учета внесенного удорожания на водоотливе с одной стороны, а с другой стороны не учтена та экономия, которую дал этот способ на земляных работах (см. ниже).

Сущность способа заключается в следующем (по данным с р. Дона).

В песчаный грунт кругом котлована опускают (с подмывом) через несколько метров одна от другой металлические вертикальные трубы (газовые $d = 5 - 10$ см)

просверленными отверстиями на их поверхности в нижней половине (нижний конец забит деревянной пробкой). Общая площадь отверстий превышает площадь сечения трубы в свету на 20—40%. Вертикальные трубы вверх соединяются горизонтальной трубой, идущей к насосу.

При работе насосов уровень грунтовых вод быстро падает, так что верхний слой обсыхает и дает возможность вынимать его в сухом состоянии, а не разжиженном.

При постройке шлюза № 4 на Дону поверхностный водоотлив был вскоре заменен грунтовым. При этом потребовалось опустить 104 фильтрационных трубы, установленных у голов шлюза через 4,25 м, а у стен камеры через 5,30 м по контуру сооружения с внешней его стороны. Половина труб была приключена к одному насосу в 10", а другая — к другому насосу также в 10". Таким образом, потребная мощность водоотливных средств понизилась, так как в межень нужен был лишь один 10" насос, а при высоких водах 2 по 10", при поверхностном же водоотливе в межень работало 2 насоса по 10" непрерывно и третий с перерывами, а при высоких водах работали все 3 насоса непрерывно.

Недостаток способа отмечен. Укажем и на достоинства.

Во-первых, грунт дна котлована и его откосов сохраняется в его естественном состоянии; поверхностный же водоотлив ухудшает грунт, так как фильтрующая вода со дна котлована и с боков выносит с собой наиболее мелкие частицы грунта, делая его более водопроницаемым.

Во-вторых, получается экономия в земляных работах, так как не приходится транспортировать из котлована разжиженный грунт; кроме того откосы котлована получаются значительно более крутые и не происходит оползания грунта с откосов в котлован.

В-третьих, прямые эксплуатационные расходы здесь ниже, так как потребная мощность насосов меньше; не требуется затрат на поддержание водоотводных канав и очистку колодцев.

В-четвертых, качество первых слоев кладки здесь получается выше, так как работа в сухом котловане всегда может быть произведена тщательней.

Кроме того, при грунтовом водоотливе легче осуществить местное утолщение основания сооружения, что при поверхностном водоотливе производится с затруднением за счет ухудшения качества кладки.

Надо пожалеть, что не опубликованы данные о стойкости грунтового водоотлива при постройке шлюза № 4: они сильно подвинули бы вперед вопрос о выгодности применения этого способа в наших условиях.

Во всяком случае в Германии этот способ получил повсеместное применение при работе в песчаных грунтах.

Целый ряд строительных фирм обладает для этой цели специальным оборудованием, перевозимым на работы по мере надобности.

Рис. 75 изображает схему применения грунтового водоотлива при постройке Амстердамского шлюза, с показанием кривых депрессий при работе насосов.

Рис. 76 изображает Черепановскую перемышку Шочереди при осушении огражденного пространства 12 августа 1923 года.

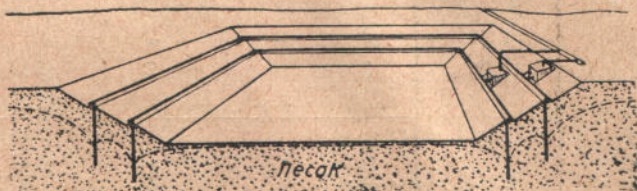


Рис. 75. Грунтовой водоотлив при постройке шлюза.

Данные о водоотливе.

№ по порядку	Огражденная площадь в кв. м	Периметр перемычки (внутр.) в м	Работавшие насосы		Тип перемычки	Грунт котлована	Глубина воды у перемычки	Примечание
			В намытый момент	При отглатив котлована				
1	36000	562	Борзиг 10"	4 насоса: 10", 8", 6" и 5".	Досчатый шпунтовый ряд толщиной 7, 5 см. с песчаной отсыпью на воду откосом 1:2; ширина отсыпи поверху 1 м	Песок средней крупности и мелкий.	до 4,20 м.	Сооружение № 3 на р. Сев.-Донце; первая очередь, включающая постройку шлюза, направляющей дамбы и плотины. Осушение огражденного пространства произошло после работы одного насоса 10" с 8 час. вечера 8 июня до 12 час. дня 11 июня 1911 г.
2	6500	235	Борзиг 10"	2 насоса: 8" и 6", третий насос в 5" работал изредка.	Тот-же.	Те-же условия.	до 4,20 м	То же сооружение, но вторая очередь (постройка участка плотины длиной 65 метров).
3	5000	204	Борзиг 10"	2 насоса: 10" и 6", последний работал лишь периодически.	Тот-же.	Глинисто-галечный с примесью гравия.	до 3,70 м	Сооружение № 5 на р. Сев.-Донце; вторая очередь, постройка плотины.
4	28000	470	3 насоса: 6", 6" и 5".	3 насоса: 10", 6" и 5", кроме того один насос Лестю 4".	Тот-же.	Песок средней крупности.	до 4,20 м	Сооружение № 6 на р. Сев.-Донце; первая очередь (шлюз, направляющая дамба и участок плотины).
5	5200	240	Один насос в 8".	Один насос в 8" при периодической работе насоса в 6".	Перемычка на козлах с войлочным покрытием.	Известк. скала, прикрытая слоем глинисто-мергелистого грунта.	—	Сооружение № 4 на р. Сев.-Донце.
6	5000	200	—	—	Шекнинск. тип, описанный ниже (см. след. пример).	Глинистый грунт с содержанием ила.	—	Черепановское сооружение на р. Шекне; вторая очередь (береговой участок плотины).
7	35000	240	—	—	Двухрядная брусчатая шпунтовая перемычка с загравкой грунтом	См. выше.	—	То же; — третья очередь; средний участок плотины, окруженный перемычкой с 4-х сторон.

8	22500	530	Землесос в 14 футовых трубах $d = 28''$.	В насоса по 10" из них 2 работали непрерывно, а один перпозически (в моменты при наводках в действии были все 3 насоса.	Песчаная перемалка без изменения дерева, насыпана рефурлированием, ширина поверху 20 м.	Пески, средняя крупности, смешанный с мелким.	Землесос прорыл 2 суток и осушил огражденную площадь.
9	15000	734	3 насоса по 10".	3 насоса по 10", из них 2 работали непрерывно, а один по $1\frac{1}{2}$ ч. через каждые 5—6 часов в межень.	Как в предыдущем случае.	См. предыдущий случай.	Шлюз № 4 на р. Дону в дренажном канале. Во время высоких вод работали все 3 насоса непрерывно.
10	5250	330	Сначала 3 насоса: 10", 8", и 6", затем, 6 насосов: 2 по 10", 8", 7", 6" и 5", а после ряда неудач 7 насосов: 2 по 10", 8", 6", 5" и землесос $7\frac{1}{2}''$.	Двухрядная перемалка из досчатых 10 см шпунтовых свай с загрузкой мерзлым грунтом (зимняя работа). Ширина поверху не менее 4 м.	Песок.	Сооружение № 1 на р. Оке (Беломутская плотина).	
11	7000	—	2 насоса: 10" и 8".	Один насос в 10" и ручные насосы. Детестю.	См. предыдущий пример. Засыпка произведена глинистым грунтом с большой высоты (4 м и более — высота падения грунта).	Почти всюду плотная глина.	Сооружение № 2 на р. Оке.
12	21560	640	2 насоса по 10" и один в 12".	Один в 10"; котлован не рылся, происходила расчистка кам. гряд.	Песчаная перемалка с применением дерева (по инж. Юревичу).	Скала.	Перемалка у г. Екатеринослава построена в 1908 г. (стр. 78 книги инж. Юревича „Перемалки с песч. загужкой“)
13	10000	—	9 насосов от 6" до 9".	—	Песчаная перемалка без изменения дерева.	Илистый, с обильным ключей.	Плотина на р. Ниле.
14	8000	—	3 насоса по 12".	—	—	Гравелистый, сильно фильтрующий.	Плотина № 18 на р. Ohio.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Земляные работы.

При постройке плотин в СССР земляные работы велись преимущественно с применением вагонетной, конной возки (грабарки) и тачечной.

При этом самая выемка грунта производилась обычно вручную, хотя были случаи применения землесосов и экскаваторов.

При производстве работ с водоотливом стоимость выемки и удаления из котлована 1 куб. м грунта складывается не только из непосредственных затрат на земляные работы, но также добавляются накладные расходы, вызываемые водоотливом.

Так, при стоимости водоотлива в сутки 120 р. и производительности 300 куб. м выемки за то же время на 1 куб. м выемки падает 40 к. дополнительных расходов.

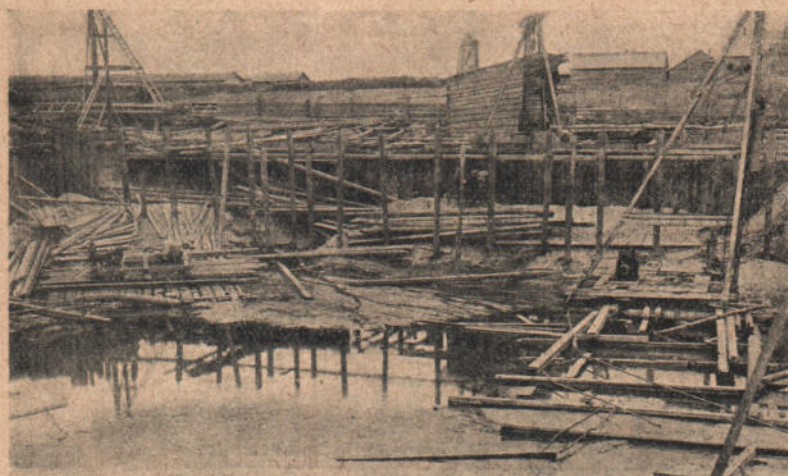


Рис. 76. Осушенная площадь (12 авг. 1923 г.).

Усиление темпа работ вдвое понижает этот дополнительный расход также вдвое, т. е. с 40 к. до 20 к. на 1 куб. м выемки. Следовательно, прибегая к усилению темпа работ вдвое, надо помнить, что при этом можно пойти на перерасход против нормально принятых непосредственных расходов на 1 куб. м земли в размере до 20 коп. на 1 куб. м выемки.

Практически это приводит к тому, что, имея основной способ ведения работ, например, вагонетную возку при выемке вручную, прибегаем, если эту возку нельзя усилить (таков фронт работ), дополнительно к тачечным работам на том же фронте, если это оказывается выгодным по изложенным соображениям.

Иногда необходимо прибегнуть к этому последнему независимо от результата указанных подсчетов, исключительно в целях выполнения земляных работ за срок, который намечен по реально составленному календарному плану работ с учетом гидрологических и климатических условий производства работ. При выемке с водоотливом весьма важно иметь надзор за надлежащей выемкой грунта, обеспечивающей нормальный сток воды к колодцам.

В противном случае неизбежно удорожание, иногда значительное, выемки и удаления 1 куб. м грунта (до 50—60% в песчаных грунтах).

Пример — выемка под плотину № 3 р. Сев. Донца, когда 1 куб. м выемки и удаление песчаного грунта со дна котлована при работе тачками обошелся в 93 к. в условиях, где сухой грунт дал бы соответственно не свыше 60 к. за 1 куб. м.

Дело в том, что, при неисправном отводе воды к колодцам, в тачку (или вагонетку) попадает разжиженная масса, содержащая значительный процент воды.

Если при этом выезды недостаточно пологи, жидкая масса по дороге к кавальерам вытекает из тачки, что вносит дополнительный непроизводительный расход.

Опыт широкого применения тачечной возки на работах по шлюзованию р. Сев. Донца приводит к выводу, что этот способ, как основной, вполне пригоден

при устройстве сопрягающих дамб, срезке берегов и в качестве вспомогательного применим там, где имеющимися средствами нельзя достигнуть требуемой производительности.

Здесь выручает эластичность тачечного способа, который, дополнительно примененный, не стесняя земляных работ, ведущихся по основному способу (вагонетная возка), усиливает темп земляных работ.

При поверхностном водоотливе (не грунтовым) отрытие котлованов на значительную глубину при песчаных грунтах трудно поддается кабинетному учету, если нет опытного подхода.

Одна из причин указана выше — оплачиваемая кубатура жидкой массы не отвечает действительно произведенной выемке и не дает представления о потребном времени для окончания работы.

Вторая причина — оползание откосов котлована как вследствие наличия грунтовых вод, так и вследствие движения людей и перемещения предметов по территории котлована.

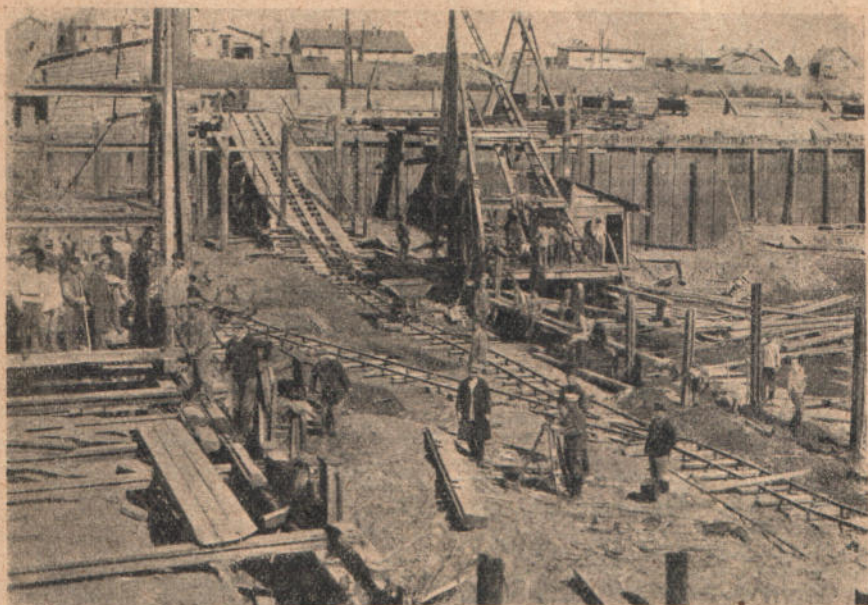


Рис. 77. Вагонетная возка грунта с помощью паровой лебедки (р. Шексна, 23 авг. 1923 г.).

Указанные причины, во-время осознанные при производстве работ, могут заставить прибегнуть к интенсивной тачечной работе с поперечной возкой и складыванием песчаного грунта в 20—30 метрах от бровки откоса котлована. Применение тачечной оплаты с тачки — неременное условие успеха.

Сложенный песчаный грунт быстро обсыхает и дальнейшая транспортировка (напр., вагонетками) становится экономичной. При этом следующие работы в котловану (подготовка к забивке свай под основание, шпунтовых рядов и проч.) идут с момента окончания выемки из котлована, а не отвозки грунта на конечный кавальер, чем усилием общий темп работ.

Указанный способ целесообразен не только при песчаной выемке, когда имеется и еще большая неопределенность в сроках окончания работы, но и при других грунтах в случае обнаруженного отставания по плану работ.

Вагонетная возка, широко примененная при постройке почти всех наших плотин, всюду дала хорошие результаты. Крутые выезды заставляют прибегать к про-

ведению путей над котлованом, по козлам, с подачей грунта на настил (уровень подошвы рельса вагонетного пути), а с него в вагонетку, что всегда выгоднее заменить вытягиванием вагонетных поездов паровой лебедкой по наклонной плоскости (рис. 77).



Рис. 78.

При этом мощность на валу машины не должна быть меньше $N = \frac{P \cdot v \cdot (f + a)}{75}$ лощ. сил, где P — вес поезда в кг, v — скорость подъема (0,50 м/сек.), $P \cdot f = (0,02 P - 0,03 P)$ — усилие тяги на горизонтальной плоскости, зависящее от состояния пути, a — подъем пути (0,15 — 0,20 и т. д.).

Вес грузеной вагонетки Дековилля, емкостью 1 куб. м, надо принять в 2000 кг.

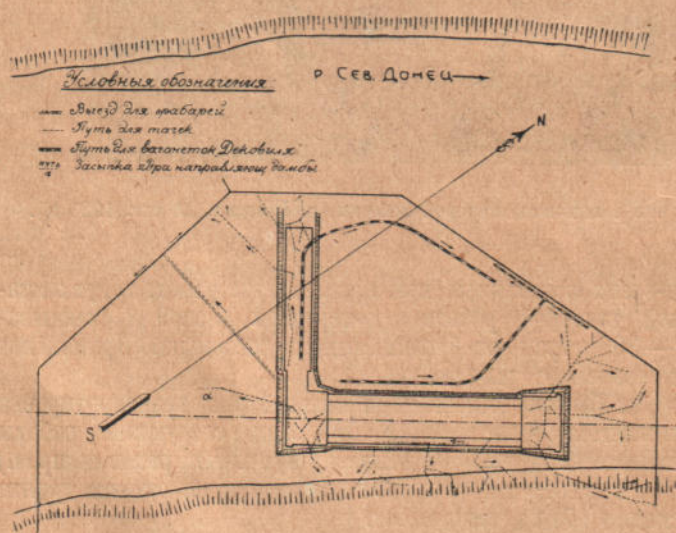


Рис. 79.

возку на сооружении № 6, р. Сев. Донца. Полдень. Рабочие почти все ушли обедать.

Конная возка (грабарки) — недорогой способ, применимый лишь там, где работа может занимать большое время по плану: работа медленная, требующая не крутых выездов и не допускающая усиления ее при работе с 1 куб. м, так как нет возможности вести обмеры при совместной работе тачек и грабарок.

При подневной работе грабарей, что целесообразно лишь при усиленном надзоре, можно усилить темп работ тачечной возкой в дополнение к основному способу. Рис. 78 изображает грабарную

Средняя производительность одной подводы на р. Сев. Донце — 20 куб. м на лошадь с проводником при срезке берегов в полусухом грунте и до 8 — 10 куб. м при выездах с уклоном 1:7, высоте подъема 2,5 м и дальности возки — 70 м. В последнем случае грунт мокрый, порой жидкий (рис. 79).

Расчет указан на 10-часовой рабочий день. Подвода одноконная.

Приведем сведения о ходе земляных работ при постройке плотины № 3 на р. Сев. Донце.

Работа велась вагонетками, тачками и грабарками.

Вагонетный путь, проложенный вдоль по котловану плотины, имел поворот к перемычке и шел параллельно ей (рис. 79). При этом котлованный грунт отсыпался с внутренней стороны перемычки.

Пути для тачек направлялись к опасному углу А перемычки.

Доставляемый грунт (песок) шел в пополнении песка, уносимого течением из отсыпи перемычки.

Для стока грунтовых вод по краям котлована, вдоль последнего, были вырыты кюветы глубиной 0,80 м. Кюветы подходили с уклоном к колодцу, глубина которого поддерживалась не менее 0,8 — 0,9 м во избежание засорения храпка насоса 10" наплывающим грунтом.

Перед входом кювета в колодец была установлена сетка для сбора плавающих тел. Колодец был образован забивкой досчатых шпунтовых свай (3") по всему контуру колодца, за исключением места входа в него кювета, где стенка колодца имела отверстие в 2 доски шириной. Стенки колодца забивались деревянной колотушкой и бабой постепенно, шитом, по мере открытия котлована и углубления колодца.

Работа тачками, вагонетками и грабарками велась сдельно.

Тачечники получали от 2 до 4 к. за наложенную и вывезенную тачку грунта; на 1 куб. м шло от 7 до 12 тачек в зависимости от состояния водоотлива.

Число вывезенных тачек на одного рабочего колебалось от 90 до 50 шт.

При короткой поперечной возке из котлована лишь отдельные сдельщики вывозили 100 тачек (рабочий день — 10 часов).

Вагонетки насыпались одновременно и двигались поездом, при чем делали в смену от 16 до 22 оборотов.

На каждой вагонетке работало 2 человека, которые нагружали и отвозили вагонетку.

При отсутствии хороших специалистов тачечников и все же лучшем заработке на тачках наблюдалось стремление рабочих уйти с тачечной возки на вагонетную, которая утомляла менее, но сопровождалась меньшим заработком (от 1 р. 15 к. до 1 р. 40 к.).

Дальность возки видна по плану.

Грунт, вынутый из котлована верхней головы шлюза, вывозился тачками на засыпку ядра направляющей дамбы, на обратную засыпку береговой стенки камеры и конными повозками (грабарками) на пополнение отсыпи перемычки.

Грабари получали в среднем 40 к. за 1 куб. м вынутого и отвезенного грунта (песок).

Котлован под береговую стенку камеры шлюза был вырыт с применением поперечной тачечной возки на берег (будущая обратная засыпка за стенку камеры).

Выемка под мостовую по камере шлюза (дно камеры) и отрывание котлована речной стенки камеры производилось после копки под береговую стенку, при чем грунт отвозился по вагонетному пути, направленному к перемычке на пополнение ее отсыпи.

Грунт из котлована нижней головы шлюза отвезен был исключительно тачками на пополнение отсыпи перемычки с речной стороны и на ушрение и повышение земляной перемычки.

Контрагент получал за земляные работы (в эту цену входит и водоотлив за все время работ) различно, в зависимости от глубины выемки, если таковая была ниже отметки водоотлива, а именно: 1 р. 02 к. за 1 куб. м, (9 р. 90 к. за 1 куб. саж.), 1 р. 84 к. за 1 куб. м (17 р. 82 к. за 1 куб. саж.) и 2 р. 85 к. за 1 куб. м (27 р. 72 к. за 1 куб. саж.).

Отметка водоотлива для сооружения № 3 была принята в 9,16 м (4,30 саж.) на уровне насадок перемычки на 1,92 м (0,90 саж.) выше межен.

Грунт от отметки 9,16 м (4,30 саж.) до отметки 7,04 м (3,30 саж.) подлежал оплате по 9 р. 90 к., от отметки 7,04 м (3,30 саж.) до 4,907 м (2,30 саж.) по 17 р. 82 к. и от 4,908 м (2,30 саж.) до 2,774 м (1,30 саж.) по 27 р. 72 к. за 9,713 куб. м. (1 куб. саж.).

Средняя отметка грунта по откачке воды из огражденного пространства — 7,67 м (3,60 саж.).

Внуто всего: 4370,7 куб. м (450 куб. саж.) по 9 р. 90 к. на сумму 4.455 руб

20396,6	"	"	(2100	"	")	17,	82	"	"	"	36.422	"
3982,2	"	"	(410	"	")	27	"	72	"	"	11.365	"

Всего . . 53.232 руб.

Обошлась контрагенту работа со всеми накладными расходами, кроме водоотлива:

10689,9 куб. м (1100 куб. саж.) (тачки) в среднем 6 р. на сумму . . . 6.600 руб.

13986,3 " " (1440 " " (вагонетки) в среднем 4 " " " . . . 5.760 "

4079,3 " " (420 " " (грабарки) в " 4 " " " . . . 1.680 "

Всего . . 14.040 руб.

На водоотлив за время земляных, свайных, бетонных и друг. работ и на прибыль контрагента осталось — 39192 р.

Водоотлив за все время, начиная с осушения огражденной площади (1-я очередь) и кончая удалением перемычки, обошелся контрагенту со всеми прямыми и косвенными расходами, а также с причитающейся частью общих накладных расходов, в сумму 23.600 р. (а в среднем за сутки в 150 р.).

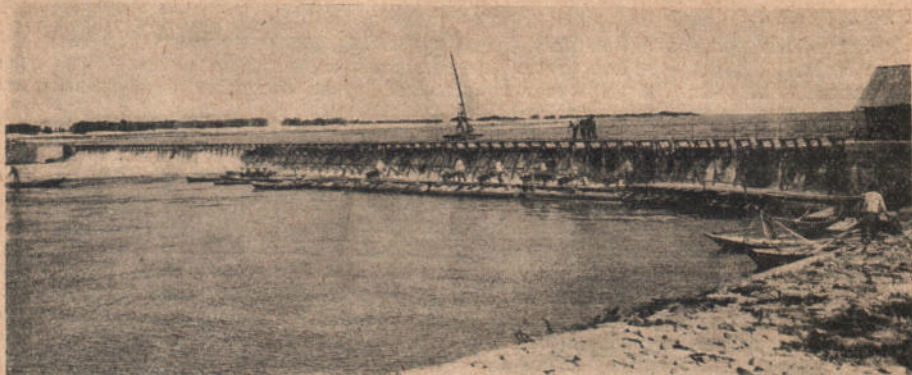


Рис. 80.

Прибыль контрагента на земляных работах равна $39192 - 23600 = 15592$ р.

Стоимость водоотлива, отнесеная на 1 куб. саж. выемки, равна 8 р. (82 к. на 1 куб. м).

При постройке 2-й секции плотины № 5 на р. Сев. Донце (грунт песчано-галечный, иногда с примесью глины) длиной 33 пог. саж. = 70,29 пог. м водоотлив обошелся в 10334 р.

Были применены 3 отдельных установки в котловане плотины без общей электрической станции.

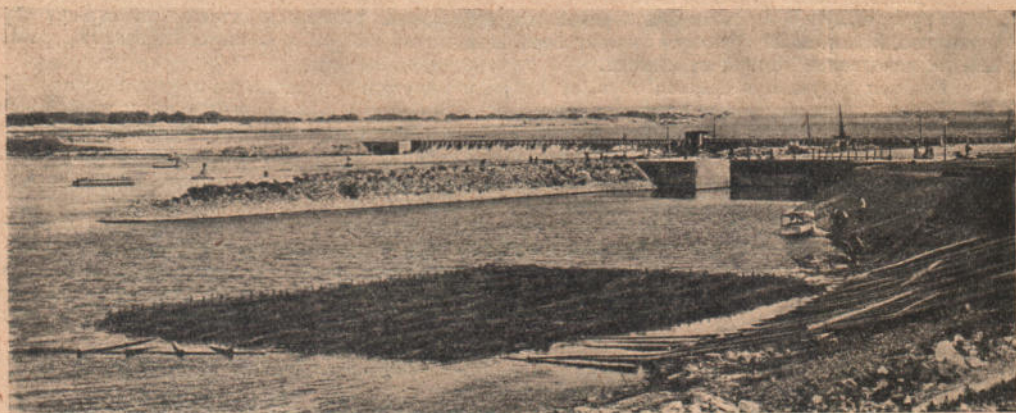


Рис. 81.

При этом было вынуто 5440 куб. м (560 куб. саж.) грунта, за что контрагентом получено, включая и оплату водоотлива, 9735 р.

Контрагенту выемка обошлась в 4350 р.

На водоотлив и прибыль приходится 9735 р. — 4350 р. = 5385 р. Однако, один водоотлив обошелся в 10334 р. Другими словами, здесь земляные работы обошлись в убыток, если все расходы на водоотлив отнести лишь на земляные работы.

Стоимость водоотлива на 9,713 куб. м = 1 куб. саж. вынутого грунта — 18 р. 50 к. (1 р. 90 к. на 1 куб. м), а средняя стоимость водоотлива в сутки — 80 р. при огражденной площади в 5000 кв. м против 36000 кв. м предыдущего примера.

При подсчетах расходов на водоотлив 30% из них приходились на проценты на капитал и амортизацию оборудования (8-летний срок для электрических машин и прочего оборудования — 5 лет, амортизационные отчисления — из расчета простых %).

При устройстве Черепановской плотины на Шексне (II очередь), выемка котлована происходила с 1 декабря 1922 г. по 11 января 1923 г. при сильных морозах в песчаном грунте, насыщенном водой.

Грунт вывозился тачками с подъемом на перемышку по наклонным выездам крючниками и конной тягой. Средняя высота подъема — 4,25 м при уклоне выездов $\frac{1}{8}$.

На 1 куб. м вынутого и отвезенного на 100 м грунта израсходовано:

1) землекопов	0,5
2) плотников на устройстве, перекладке тачечных ходов и ремонте их и тачек	0,075
3) рабочих на подтаскивание тачек крючками и конным выездом, на очистке тачечных ходов и колес и выездов от намерзающего грунта	0,59
4) лошадей с погонщиками на вытаскивание тачек	0,082

Рис. 80 изображает работы по подсынке грунта в рисберму Кочетовской плотины на Дону тем, чтобы закрыть насыпь тюфяком (рис. 81). Время — июль 1922 г.

При постройке плотины на р. Куре (Земо-Авчальская гидростанция) широко применялась механизация операций.

Стоимость механического оборудования составляла 13% от строительной сметы.

Выемка мягкого грунта производилась экскаваторами, отвозка — поездами по узкой колее с паровозами, подъем в гору — бремсбергами с электромоторами по 12 HP; работали также 2 канатных крана пролетами 137 м и 145 м., грузоподъемностью $2\frac{1}{2}$ т и производительностью 20 т в час каждый.

Выломка скалистого грунта производилась с помощью бурения перфораторами.

В заключение приведем ряд расценок по Земо-Авчальским сооружениям.

A. Стоимость одной перевозки 1 куб. м грунта по узкоколейке при средней дальности перевозки 500 пог. саж. = 1065 м.

Число паровозов — 2, продолжительность работы в сутки — 15 часов. В день отвозилось 14 куб. саж. грунта (136 куб. м) при числе вагонеток — 30. Расходы слагаются из эксплуатационных и амортизационных.

I. Эксплуатационные расходы.

1. Расход топлива в 1,5 пуд. = 24,6 к в час на 1 паровоз, за 15 часов работы на 2 паровоза потребуется 45 пуд., что при цене 70 к. за 1 пуд. нефти даст расход в день 31 р. 50 к. или на 1 куб. м — $\frac{3150}{136} = 23$ к.

2. Смазка и обтирка приняты в 10% от стоимости топлива, т.-е. $0,1 \times 23 = 2,3$ к. на 1 куб. м.

3. Обслуживающий персонал одного паровоза состоит из:

1 машиниста	2 р. 33 к.
1 пом. машин.	1 „ 66 „
2 кондукторов	2 „ 26 „
Всего в день	6 р. 25 к.

на 2 смены 12 р. 50 к., а на 1 куб. м даст $\frac{1250}{136} = 18,4$ к.

4. Текущий ремонт:

а) на ремонте паровозов рабочая сила стоила в день 2 р. 19 к., материалы — 50% от 2 р. 19 к., всего — 3 р. 29 к., а на 1 куб. м имеем $\frac{2329}{136} = 4,8$ к.

б) ремонт вагонеток обходился в 1,7 коп. на 1 куб. м грунта;
в) содержание пути — 10% от стоимости ремонта паровозов и вагонеток, т.-е. 0,65 к. на 1 куб. м грунта.

Всего по п. 4 имеем 7,15 к., а по п. 1 + п. 2 + п. 3 + п. 4 получим:

$$23 + 2,3 + 18,4 + 7,15 = 50,85 \text{ к.}$$

II. Расходы амортизационные из расчета потери оборудования в ценности на 50% за 3 года дают:

от паровозов	4,1 к. на 1 куб. м
„ вагонеток	2,2 „ 1 „ „
„ рельсов	4,1 „ 1 „ „
Всего	10,4 к.

Всего по п. п. I + II получим $50,85 + 10,3 = 61,15 = 61$ к. на 1 куб. м отвезенного грунта. Этот расчет является средним.

Фактически цены колебались в обе стороны от 50 к. до 78 к. на 1 куб. м.

Б. Разработка 1 куб. м скалы пневматическим способом обходилась в 13 к.

В. Стоимость выемки (без перевозки) 1 куб. м гравелистого и глинистого грунта экскаватором системы Мерпюи (стоимость 30.000 р.) производительностью 250 куб. м выемки за 8 часов работы.

За 8 часов работы расходовалось:

а) на топливо	15 р. 40 к.	
б) на смазку и обтирку	2 " 06 "	
в) обслуживание	5 " 99 "	(1 машинист 2 р. 07 к., 1 помощник 1 " 66 " 2 рабочих 2 " 26 "),
г) ремонт	2 " 52 "	
д) амортизация (50% за 3 года работы)	14 " — "	
Всего	39 р. 97 к.	= 40 р.,

а на 1 куб. м выемки имеем $\frac{4000}{250} = 16$ к.

Г. Стоимость перевозки канатным краном 1 куб. м земляной и скальной выемки, а также и др. материалов при постройке главной плотины Земо-Авчальской гидростанции.

Стоимость 2 кранов с монтажом и установкой равна 59.000 р и складывается из следующих расходов:

1. Металлические части	23.000 р.
2. Канаты	8.000 "
3. Электрическое оборудование	10.000 "
4. Полиспасты	4.000 "
5. Анкера	2.000 "
6. Тали	500 "
7. Фундаменты бетонные	4.000 "
8. Монтаж	3.500 "
9. Деревянные башни	4.000 "
Всего	59.000 р.

Кран работал не менее 15 часов в сутки; производительность одного крана в час 8 куб. м, а обоих кранов в сутки не менее 240 куб. м.

I. Энергия

При коэффициенте нагрузки мотора крана (30 л. с. = 22 кет), равном 0,3, имеем расход энергии $22 \times 0,3 = 6,6$ кет/ч в час и 99 кет/ч в сутки.

При стоимости 1 кет/ч в 12 копеек получим стоимость израсходованной энергии в:

$$99 \times 12 = 11 \text{ р. } 88 \text{ к.},$$

что на 1 куб. м перевезенного грунта дает 9,9 к. = 10 к.

II. Смазка и обтирка принята в 10% от стоимости энергии, т.е. в 1 к. на 1 куб. м.

III. Обслуживающий персонал принят в составе:

1 машиниста, 1 пом. машиниста, 1 рабочего для выгрузки, что дает расход в 6 р. в день.

а на 1 куб. м — $\frac{600}{120} = 5$ к.

IV. Амортизация принята по 15% в год или 45% за все время работы кранов.

Краны должны вывезти 38.800 куб. м грунта. Следовательно, на 1 куб. м приходится:

$$\frac{0,45 \times 59000}{38800} = 68 \text{ к.},$$

а всего по п. п. I + II + III + IV получим 10 к. + 1 к. + 5 к. + 68 к. = 84 к. на 1 куб. м грунта, вывезенного кранами.

Приведем цены на рабочую силу при постройке Земо-Авчальской гидростанции:

1. Рабочий	1 р. 13 к.	8. Каменщик	2 р. 33 к.
2. Землекоп	1 " 20 "	9. Каменотес	2 " 33 "
3. Молотобоец	1 " 20 "	10. Плотник	2 " 33 "
4. Бурильщик	1 " 46 "	11. Кровельщик	2 " 33 "
5. Плотник	2 " 07 "	12. Слесарь	2 " 33 "
6. Кузнец	2 " 07 "	13. Столяр	2 " 33 "
7. Малир	2 " 07 "		

Средняя выработка сдельщиков.

	Поденная плата		Выработка	
	Рубли	Коп.	Рубли	Коп.
Чернорабочих	1	13	1	70
Плотников	2	07	3	80
Металлистов	2	33	3	31

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

Свайные работы.

В этой главе рассмотрим лишь те свайные работы, которые подлежат выполнению после земляных работ, т.-е. устройство постоянных шпунтовых рядов и свайного основания. Последнее имеет место лишь при слабых грунтах.

При скалистых грунтах, галечных и других, не допускающих забивки свай, и покрывающих ложе реки на толщину не менее 2 м, рассматриваемые работы отпадают ¹⁾).

Шпунтовые ряды являются постоянной частью сооружения, играющею определенную и весьма значительную роль в службе плотины при поднятом подпоре. Поэтому необходимо обращать особое внимание на тщательную забивку их. Прежде всего надо отметить, что забивка постоянных шпунтовых рядов до отрывтия котлованов ни в коем случае недопустима, так как лучший участок шпунтового ряда (по вертикали) получится от верха до подошвы фундамента, а ниже имеем шпунтовый ряд среднего качества, а быть может и низкого, так как погружение свай по мере углубления в песочный грунт сопровождается обычно выходом гребня из паза.

Уместно указать, что здесь интересы производства работ резко расходятся с интересами техники.

С точки зрения производства выгодно сначала забить шпунты, а потом копать котлованы: выемке в этом случае подлежит лишь грунт междушпунтового пространства, с боков же грунт не наплывает.

При недостаточно опытным техническом надзоре интересы производства берут верх, что сопровождается неблагоприятными последствиями. Надо отметить, что при энергичном ведении работ вопросы производства фактически настолько доминируют, что техника иногда является задавленной и при сознательном, но недостаточно настойчивом блюстителе технических условий.

Когда техника и производство находятся в одних руках (хозяйственный способ), то при жестко закрепленных сроках выполнения работ больше соблазна для уступок производству, если во главе работ стоит лицо, недостаточно опытное в производстве гидротехнических работ.

При той же квалификации инженеров подрядный способ дает больше гарантий правильного ведения работ, ибо налицо группа технических лиц, являющихся стороной и поставленных для охранения требований техники (технический надзор).

В качестве примера укажем, что при постройке плотины на р. Оке была допущена забивка шпунтовых рядов раньше отрывтия котлованов, при чем в официальном бюллетене № 3 от 1912 г. Управлением работ рекомендовано сначала забивать постоянные шпунтовые ряды, а потом вести выемку в котлованах.

Естественно, шпунтовые ряды не могли быть хорошими при песчано-гравелистых грунтах основания.

¹⁾ Необходимо отметить, что иногда грунт допускает забивку свай, так что можно устроить свайную перемычку; однако, от забивки постоянных шпунтовых рядов отказываются в виду плохого их качества. Это может иметь место при галечно-гравелистом грунте. Пример — плотина № 5, на р. Сев. Донце.

Если грунт содержит камни, карчи и проч., то быстрое ухудшение качества шпунтового ряда по мере углубления в грунт наблюдается особенно резко.

При мягких глинистых грунтах, наоборот, верхний слой оказывает сравнительно слабое влияние на качество забитого шпунта, однако, при толщине флютбета в 1,5—2,0 м разница в качестве шпунта остается заметной.

Для плотин подпором свыше 1,5—2 м применяются брусчатые шпунтовые ряды при толщине свай $7'' = 18$ см, для меньшего подпора и небольшого значения сооружения применим и досчатый шпунт толщиной, однако, не менее $3'' = 7,6$ см.

Долговечность шпунтовых рядов надо определить в 25—30 лет, так как вода с течением времени протачивает их (пример—сооружения Маринской системы).

Поэтому для solidных и долговечных сооружений необходимо применять металлические шпунтовые ряды.

При забивке временных шпунтовых рядов применяют шахматное расположение маячных свай в целях экономии.

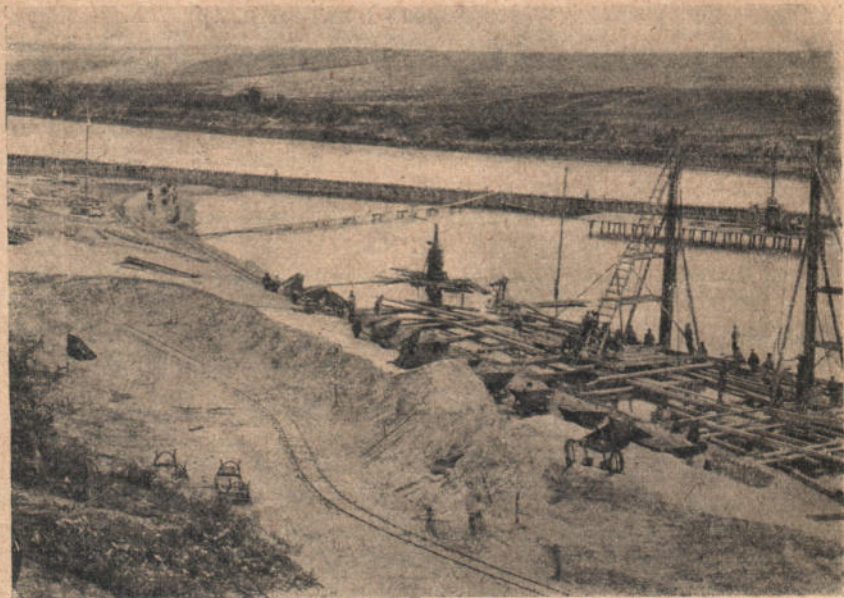


Рис. 82.

При забивке свай постоянного шпунтового ряда надо отказаться от этой экономии, так как здесь она была бы нецелесообразной и отразилась бы на качестве шпунта.

Уместно прибегнуть в данном случае к парному расположению маячных свай, а не шахматному, конечно, не за счет увеличения расстояния между сваями по контуру ряда.

При забивке шпунтовых свай последние соединяются гвоздями попарно или даже по 3 вместе, чем ускоряется забивка (имеются в виду паровые копры).

На р. Сев. Двине при песчаных грунтах основания производительность одного парового копра (Арциш) в 10-часовую смену была равна 1,6 пог. саж. = 3,40 пог. м ряда (16 свай) при забивке свай длиной 6,40 м на глубину 5 м.

Для досчатых свай ($3'' = 7,6$ см) при длине их 2 саж. = 4,25 м и глубине забивки 2,77 м имели на копер в смену 9,15 пог. м ряда.

Брусчатые сваи забивались бабами весом 1500 кг при высоте падения 1,40 м; досчатые — бабами весом 920 кг, падавшими с высоты 0,32—0,42 м.

Частые удары с небольшой высоты дают хорошие результаты для досчатых свай: свая все время находится в движении, вследствие чего каждый следующий удар дает больший эффект.

(таким образом, в перемычках автору удавалось забивать на 2 пог. м и более 3'' досчатые сваи длиной 8,50 м и даже до 9,30 м, соединяя доски гвоздями по 3 шт. в сваю).

При устройстве постоянных шпунтовых рядов $\delta = 7'' = 18$ см, ограждающих котлован флютбета Черепановской плотины на Шексне, сваи забивались на глубину 5,30 м в глину при весе бабы 1230 кг.

При этом на 1 пог. м шпунтового ряда израсходовано рабочей силы:

закорперщиков .	0,35
плотников .	0,15
слесарей . . .	1,00
кочегаров . . .	0,80
рабочих . . .	5,20
журналистов .	0,35.

Данные относятся к январю 1923 года; день — 8-часовой.

Стоимость 1 пог. м шпунтового ряда в деле — 50 р. (цены см. гл. третью).

При постройке плотины № 3 на р. Сев. Донце:

а) досчатый 3'' = 7,6 см шпунт при длине свай 4,25 м обошелся контрагенту в 62 р. 20 к. при контрактной цене в 74 р. 25 к.,

б) то же при длине досок 5,30 м — в 69 р. 70 к. (контр. цена 89 р. 10 к.),

в) брусчатый шпунт при длине брусев 6,40 м и глубине забивки 6 м — в 133 р. (контр. цена 168 р. 30 к.).

Накладные расходы подрядчика здесь не подсчитаны, цены даны за 1 пог. саж.

По окончании забивки шпунтовых рядов приступают к забивке свай под основание, если последнее признано слабым.

При определении отказа исходят из известной формулы Брикса, наиболее отвечающей данным практики, как это выяснено исследованиями инж. Н. М. Герсевича (см. Н. М. Герсевич. Определение сопротивления свай по их отказу. Изд. 1917 г.).

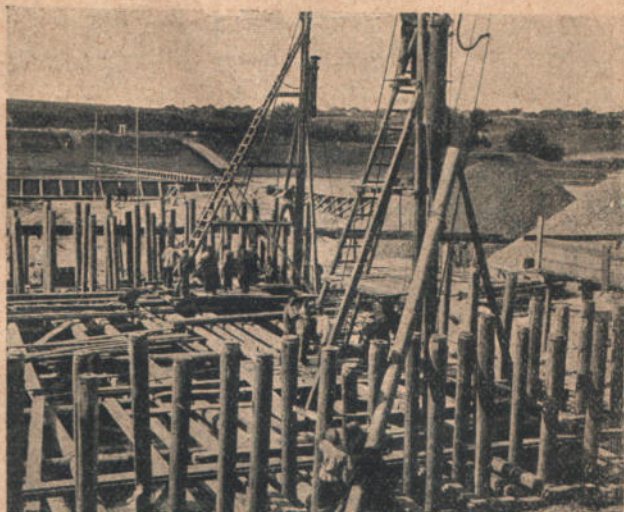


Рис. 83.

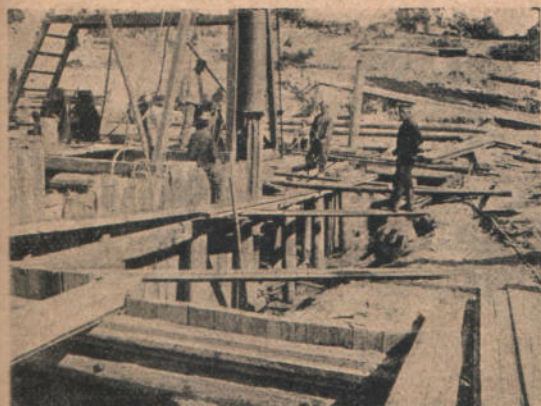


Рис. 84.



Рис. 85.

Однако, ныне она должна быть заменена формулой Н. М. Герсевича, еще более отвечающей данным практики. Формула имеет вид:

$$P = \frac{1}{2} \left[-5F + \sqrt{25F^2 + 10 \frac{F}{e} \cdot Q \cdot H \frac{Q+0.2 \cdot q}{Q+q}} \right],$$

где: Q — вес бабы; q — вес сваи; H — подъем бабы; e — отказ сваи при последнем ударе; F — площадь поперечного сечения сваи.

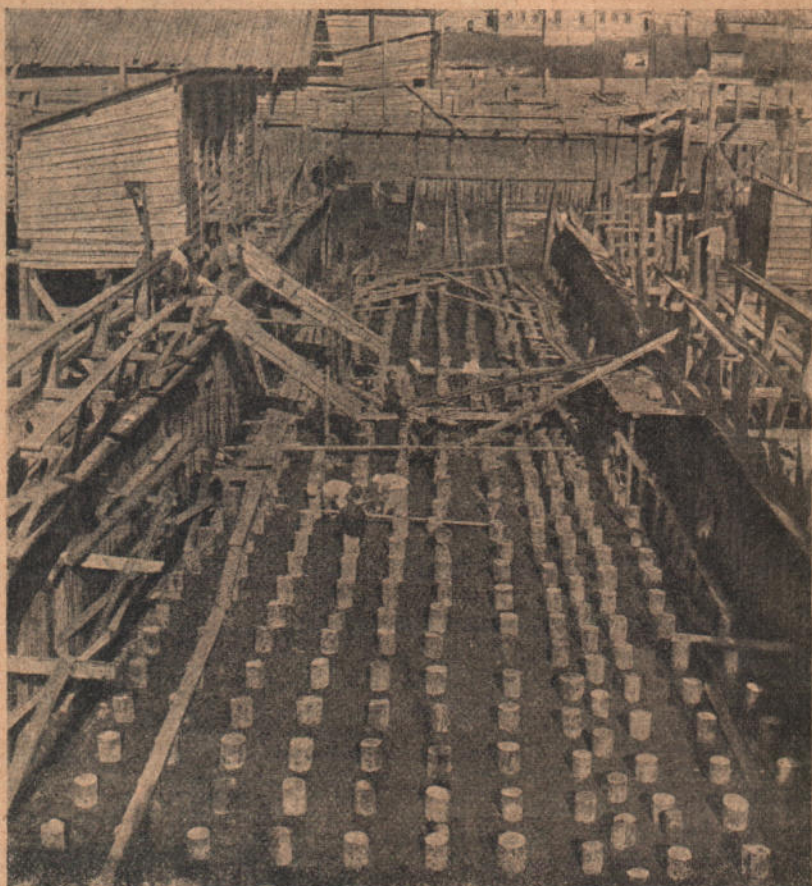


Рис. 86.

При постройке плотины на р. Сев. Донце в 10-часовую смену паровой копер Арциша забивал в среднем 16 свай (1911—1913 г.г.) длиной 5,30 м и диаметром 6 верш. = 27 см (песок средней крупности мелкий). Контрагенту забитая свая стоила (без накладных расходов) 16 р. 75 к., контрагент получал 25 р.

При постройке Черепановской плотины на Шексне при длине свай 7 м и толщине 27 см, при средней глубине забивки 6,40 м (глина илистая) и весе бабы 75 пуд. = 1230 кг на забивку одной сваи израсходовано рабочей силы, не считая заострения свай и обвязки под бугель, так как эти работы производились заблаговременно:

закоперщиков . . .	0,18	кочегаров . . .	0,13
плотников . . .	0,023	рабочих . . .	1,16
слесарей . . .	0,18	журналистов . . .	0,06

Рабочий день 8-часовой.

Забитая свая обходилась при этом в 26 р. при 8 сваях в смену на копер Арциша с бабой весом 1230 кг. Как в том, так и другом случае сваи забивались сразу несколькими копрами: до 5 копров на сооружении № 3 р. Сев. Донца и 2—3 (и до 4) копрами на Шексне. В первом случае работа шла в две смены по 10 часов, а во втором — в 3 смены по 8 часов.

На рис. 82 показаны паровые копры, устанавливаемые внутри перемычки на месте шпунтовых рядов, подлежащих забивке (2 июля 1911 г., сооружение № 6 р. Сев. Донца).

Рис. 83 изображает забивку свай под основание головы шлюза № 6 р. Сев. Донца с уровня насадок шпунта. 4-саженные сваи забивались на 2 саж. в грунт, а верх срезался и шел на забивку свай под основание камерных стен.

На рис. 84 изображена забивка брусчатого шпунтового ряда для ограждения головы шлюза № 6 (лето 1911 года) р. Сев. Донца. Грунт — песок с карчами. Шпунт невысокого качества, что обнаружено при отрывании его на 2 м. Впрочем, об этом можно догадаться по состоянию разбитых голов свай.

Рис. 85 а изображает забивку брусчатого шпунтового ряда при постройке III очереди Черепановской плотины.

Рис. 86 изображает свайное основание Черепановской плотины (III очередь, 25 сентября того же 1923 г.) перед приступом к бетонным работам. Слева видны лотки, спускающиеся от двух бетоньерок. Интересно отметить, что обе очереди (II и III) плотины выстроены за один 1923 год, из них одна III очередь имеет 70 пог. м длины (средний участок реки).

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

Бетонные работы.

§ 1. Общие соображения.

Бетонные работы современных солидных плотин составляют главнейшую часть всех работ по устройству сооружения.

Удачной организацией этих работ и достигнутой экономией можно покрыть большую часть непредвиденных расходов, неизбежных при возведении всякого более или менее крупного гидротехнического сооружения. Подготовка к бетонным работам ведется, начиная с земляных работ, и сводится к заготовлению щебня, песка и цемента и удачному расположению их в плане.

Цемент хранится в сараях на территории работ, куда он доставляется с железной дороги или по воде и откуда он подвозится вагонетными путями к месту бетонных работ. Здесь устраиваются временные навесы, вмещающие небольшой запас цемента: на смену и менее.

При доставке цемента, щебня и песка стараются использовать уже уложенные пути, добавляя к ним новые.

Щебень доставляется по мере окончания земляных работ и располагается в штабелях по контуру работ (ручное приготовление бетона) и в кучах у бетоньерок.

Песок на сооружении № 3 р. Сев. Донца брался из котлованов, откуда он отвозился на время к внутреннему контуру перемычки. При открытии бетонных работ эти кавальеры песка шли в дело.

Вода доставляется путем отвода от лотка, идущего от насоса, в запасный чан, откуда уже напором распределяется по ручным бойкам или к бетоньеркам. В этом случае по линии ручных бойков зарываются в землю бочки заподлицо с землей, по ним проходит лоточек с водой, имеющий внизу дыры над бочками, куда изливается вода.

Дыры закрываются деревянными пробками.

Можно иметь специальный насос, подающий воду в бак расположенный на достаточной высоте и с помощью труб снабжающий водой фронт работ. Трубы также кончаются бочками.

Необходимо избегать широкого применения мелкого песка; лучший песок — острогранный крупный смешанный с таковым же средней крупности (см. гл. III, § 3). Обычный состав бетонов для плотин 1:3:n, где n определяется в каждом отдельном случае опытным путем. Для этого наполняем вагонетку Дековила, предварительно вымеренную ведрами воды, щебнем. Пусть порожняя вагонетка вмещает p_1 ведер воды, а загруженная щебнем — p_2 ведер воды. Тогда количество пустот

в щебне равно $\frac{P_1}{P_2} \cdot 100\%$. Совершенно очевидно, что щебень,сыпаемый в вагонетку, должен быть предварительно смочен водой. При постройке плотины на р. Оке известняковый щебень требовал вымачивания его пред употреблением в дело в виду сильной влаго-емкости его. Эти пустоты должны быть с избытком заполнены раствором. В современной практике избыток берется для плотин в 10—15% и более. Совершенно очевидно, что наилучший состав бетона при данном расходе цемента на куб кладки должен быть определен испытаниями при имеющемся песке, гальке или щебне. В Америке последнее время применяют для постройки вододержательных плотин большой высоты бетон, примерно, такого состава: 1 ч. цем.: $2\frac{1}{2}$ ч. песка: 8 ч. гравия разной крупности, или 1 ч. цем.: 4 ч. песка: 6 ч. гравия разной крупности. Такой состав гарантирует надлежащую плотность и прочность бетона и весьма удобен при механизации работ, вследствие чего погружение каменных глыб в бетон встречается теперь все реже и реже; каменные глыбы вносят промедление в темп работ.

Перед приступом к бетонным работам котлован тщательно очищается, после чего приступают к втрамбованию сухого щебня по всей площади котлована.

При различных грунтах получаются различные результаты: иногда щебень почти совсем не втрамбовывается (песок при шпунтовых рядах и свайном основании), иногда втрамбовывается на 5—10 см. Для втрамбования берется слой щебня в один—два ряда, который рассыпается по котловану и разравнивается граблями. На р. Сев. Донце проливку производили следующим образом: на платформах, состоящих из досок, пригнанных одна к другой и положенных прямо на землю с внешней стороны котлована, гарцовали смесь в 4 градки.

Цемент сыпался на отмеренный песок. Старцованная смесь высыпалась в творяла, расположенные в котловане, перемешивалась с водой и проливалась на щебень ведрами. На 1 бочку цемента приходилось 8—9 окаренков щебня. На этих же платформах вносиледствии приготовлялся и бетон.

За время производства массовых бетонных работ легко получить сильный перерасход цемента. Причина в том, что на объемный вес портланд-цемента в значительной мере влияют высота падения при нагрузке мерного ящика, способ заполнения ящика и степень уплотнения при встряхивании или ударах.

Так, 1 куб. м насыпанного портланд-цемента весит на практике от 1220 кг до 1780 кг.

Поэтому из одной бочки цемента можно получить распушенного цемента от 0,138 куб. м до 0,094 куб. м.

При заданном составе бетона 1:3:6 на деле может получиться бетон состава 1:4,4:8,8 и наоборот.

Перерасхода можно избежать, устраивая периодический контроль за расходом цемента, принимая за единицу объема и веса объем и вес одной бочки цемента.

На р. Сев. Донце почти всюду на приготовление 1 куб. саж. бетона пришлось 12 бочек цемента при составе бетона 1:3:7, а именно:

		Количество пустот в щебне
Сооружение № 2	— 11,76 боч.	49,5%
" № 3	— 11,98 "	50,4%
" № 4	— 11,88 "	50%
" № 5	— 12,24 "	51,5%
" № 6	— 12,00 "	50,5%
" № 7	— 11,88 "	50%

На 1 куб. саж. щебня, втрамбованного в подошву основания, пришлось 5,43 бочки цемента или 0,56 боч. на 1 куб. м (1 бочка — 10 пуд. 10 ф. нетто). Необходимо в смете и отчетности оперировать лишь весом цемента, составляя акты о чистом весе цемента в бочке перед употреблением в дело.

Таблица 1

дающая количество пустот в песке (гравии) и щебне при влажности его в пределах от 0% до 8% по весу.

(Taylor and Thompson. Concrete costs).

Вес 1 куб. м. песка или грав.	Количество пустот в % в мате- риале, содержащем влагу по весу в количестве					Влажность по объему отвеч. 1 % влажности по весу	Вес 1 куб. м. песка или грав.	Количество пустот в % в мате- риале, содержащем влагу по весу в количестве					Влажность по объему отвеч. 1 % влажности по весу
	0%	2%	4%	6%	8%			0%	2%	4%	6%	8%	
	В п р о ц е н т а х.							В п р о ц е н т а х.					
1120	57,6	58,4	59,3	60,1	61,0	1,1	1568	40,6	41,8	43,0	44,2	45,3	1,6
1200	54,5	55,4	56,4	57,3	58,2	1,2	1584	40,0	41,2	42,4	43,6	44,8	1,6
1280	51,5	52,5	53,4	54,4	55,4	1,3	1600	39,4	40,6	41,8	43,0	44,2	1,6
1295	50,9	51,9	52,9	53,9	54,8	1,3	1616	38,8	40,0	41,2	42,5	43,7	1,6
1312	50,3	51,3	52,3	53,3	54,3	1,3	1632	38,2	39,4	40,7	41,9	43,1	1,6
1328	49,7	50,7	51,7	52,7	53,7	1,3	1648	37,6	38,8	40,1	41,3	42,5	1,6
1344	49,1	50,1	51,1	52,2	53,2	1,4	1664	37,0	38,2	39,5	40,8	42,0	1,7
1360	48,5	49,5	50,6	51,6	52,6	1,4	1680	36,4	37,6	38,9	40,2	41,4	1,7
1376	47,9	48,9	50,0	51,0	52,0	1,4	1696	35,8	37,0	38,3	39,6	40,9	1,7
1392	47,3	48,3	49,4	50,4	51,5	1,4	1712	35,2	36,4	37,7	39,0	40,3	1,7
1408	46,7	47,7	48,8	49,9	50,9	1,4	1728	34,6	35,9	37,2	38,5	39,7	1,7
1424	46,1	47,1	48,2	49,3	50,4	1,4	1744	33,9	35,3	36,6	37,9	39,2	1,7
1440	45,5	46,5	47,6	48,7	49,8	1,4	1760	33,3	34,7	36,0	37,3	38,7	1,8
1456	44,8	45,9	47,0	48,2	49,2	1,5	1840	30,3	31,7	33,1	34,5	35,9	1,8
1472	44,2	45,4	46,5	47,6	48,7	1,5	1920	27,3	28,7	30,2	31,6	33,1	1,9
1488	43,6	44,8	45,9	47,0	48,1	1,5	2000	24,2	25,8	27,3	28,8	30,3	2,0
1504	43,0	44,2	45,3	46,5	47,6	1,5	2080	21,2	22,8	24,4	25,9	27,5	2,1
1520	42,4	43,6	44,7	45,9	47,0	1,5	2160	18,2	19,8	21,4	23,1	24,7	2,2
1536	41,8	43,0	44,1	45,3	46,4	1,5	2240	15,2	16,8	18,6	20,2	21,9	2,2
1552	41,2	42,4	43,6	44,7	45,9	1,6							

Примечание. Удельный вес зерен песка принят 2,65.

Таблица 2

дающая количество пустот в сухом песке, гравии и щебне в зависимости от веса единицы объема материала различного удельного веса

(Taylor and Thompson. Concrete costs).

Вес 1 куб. м сухого материала	Количество пустот в % в зависимости от удельного веса камня						
	2,4	2,5	2,6	2,65	2,7	2,8	2,9
	Песчаник		Известняк конгломерат	Песок гравий	Гранит шифер		Трапп
	%	%	%	%	%	%	%
1120	53,2	55,0	56,8	57,6	58,4	59,9	61,3
1200	49,8	51,8	53,7	54,6	55,4	57,0	58,5
1280	46,5	48,6	50,6	51,5	52,4	54,1	55,7
1360	43,2	45,4	47,5	48,5	49,5	51,3	53,0
1440	39,8	42,2	44,5	45,5	46,5	48,4	50,2
1520	36,5	39,0	41,4	42,5	43,5	45,5	47,4
1600	33,1	35,8	38,3	39,4	40,6	42,7	44,7
1680	29,8	32,6	35,2	36,4	37,6	39,8	41,9
1760	26,4	29,4	32,1	33,4	34,6	36,9	39,1
1840	23,1	26,2	29,0	30,3	31,6	34,1	36,4
1920	19,8	23,0	25,9	27,3	28,7	31,2	33,6
2000	16,4	19,8	22,8	24,3	25,7	28,3	30,8
2080	13,1	16,6	19,8	21,2	22,7	25,5	28,1
2160	9,7	13,3	16,7	18,2	19,7	22,6	25,3
2240	6,4	10,1	13,6	15,2	16,8	19,7	22,5

§ 2. Наиболее экономичный состав бетона требуемого сопротивления.

Наиболее экономичный состав бетона определяется характеристикой песка и щебня, входящих в состав бетона требуемого сопротивления.

Песок для бетона предпочтительней всего кварцевый, чистый, крупный, острогранный, лишенный органических примесей или ила. Вообще говоря, выгоднее иметь песок разной крупности от мелкого до гравия: это дает бетон большой плотности особенно при растворе состава 1:2¹/₂, 1:3 и 1:4. Песок, проходящий в сухом виде в количестве 90% через сито с отверстиями до 1/4 мм или в количестве большем 35 % через сито с отверстиями 1/2 мм, должен быть отброшен, как негодный: применение его вызвало бы большой расход цемента для получения прочного бетона; такой песок «ест» цемент, как говорят практики. Правда, зато он дает большее количество смеси по объему при том же составе раствора, что и крупный песок на 2—3%.

Для водонепроницаемых бетонов необходимо иметь до 10% мелкого песка. Однако, при этом не допускаются примеси илстых и органических веществ.

Прочный и плотный бетон имеет минимальный объем теста при данном составе 1:т:n. Поэтому при выборе состава раствора необходимо произвести ряд испытаний, используя доставленные с места работ образцы составляющих бетон (песок, гравий).

Ниже приводим таблицу R. Feret, иллюстрирующую вопрос об экономичности раствора при различных песках.

Таблица 3.

Песок	Пропорция по весу	Объем цемента C	Объем песка S	C + S	Временное сопротивление раствора в кг/см ²	
					На разрыв	На сжатие
G	1:3,2	0,155	0,605	0,760	26	293
	1:2,5	0,186	0,559	0,745	30	366
	1:1,8	0,226	0,499	0,725	34	420
S	1:3,1	0,148	0,555	0,703	22	194
	1:2,5	0,173	0,525	0,698	26	241
	1:2,0	0,204	0,486	0,690	28	308
D	1:3,5	0,118	0,485	0,603	15	86
	1:2,4	0,159	0,444	0,603	21	136
	1:1,8	0,195	0,409	0,604	26	200
M	1:3	0,150	0,539	0,689	32	282
C	1:0	0,534	0,000	0,534	49	563

Примечания. Песок G состоит из гранитных зерен, крупных и округленных, 15% зерен проходит через сито с отверстиями в 1,5 мм.

Песок S—ракушечный, средней крупности: 83% зерен его проходит через сито с такими же отверстиями.

Песок D — из французских дюн, кварцевый, мелкий и круглый; 99% его проходит через сито с отверстиями в 1/2 мм.

Песок M—кварцевый, острогранный, перемешанный поровну трех размеров.

C — чистый цемент.

Относительная экономичность раствора видна из сопоставления количества требуемого цемента и получаемой прочности раствора.

Так, например, раствор 1:1,8 из крупного песка содержит 22,6% цемента по объему, а раствор 1:1,8 из мелкого песка содержит цемента 19,5% по объему, т.е. расходы на цемент разнятся лишь на 14% (см. также вышеприведенную таблицу).

Однако, временное сопротивление на сжатие пятимесячных образцов дает в первом случае 420 кг/см², а во втором—200 кг/см², т.е. разница здесь на 52% в пользу раствора из крупного песка. Далее, раствор 1:3 из крупного песка имеет большее

временное сопротивление сжатию, чем раствор 1:1,8 на мелком песке. Таким образом, крупный песок уравнивает большую разницу в затратах на цемент, позволяя иметь бетон большой плотности и прочности при меньшем расходе цемента (M и D).

Щебень (гравий).

Количество пустот в камневидной составляющей бетона (щебень, гравий) имеет небольшое влияние на качество бетона, но может сильно влиять на стоимость материалов. С этой точки зрения щебень (гравий) с минимальным количеством пустот является самым дешевым, если приемка и оплата его происходит по объему. Поэтому самый дешевый щебень (гравий), в данных условиях, не всегда дает самый дешевый бетон.

При минимальном количестве пустот, допустим, при 30% их, остальные 70% объема заполнены гравием; при количестве пустот в 45% (щебень) лишь 55% объема бетона заполнено щебнем. Ясно, что в первом случае на 1 куб. м бетона пойдет меньше цемента, чем во втором. Строитель заинтересован в получении гравия разной крупности и может переплатить за 1 куб. м выгодного гравия часть достигнутой экономии.

Если s — стоимость всех материалов на 1 куб. м бетона в деле на щебне с 45% пустот, то упомянутая экономия в данном случае равна $\frac{1,125 - 1,00}{1,125} \cdot s$, где 1,125 — объем бетона на гравии, а 1,00 — объем бетона на щебне при том же составе 1: m : n .

При 30% пустот в гравии на 1 куб. м бетона 1:2½:5 потребно 0,80 куб. м гравия. Следовательно, за 1 куб. м гравия можно переплатить до

$$\Delta = \left(\frac{0,125}{1,125} \cdot s \right) : 0,8 = \frac{0,125}{1,000} \cdot s = 0,125 \cdot s \text{ рублей.}$$

Эта величина Δ может достигнуть до 50% от стоимости 1 куб. м щебня при разнице в количестве пустот всего лишь 15% и разница лишь в 5% в пустотах может сделать равноценными щебень и гравий при 16% разницы в их стоимости. Поэтому прежде всего надо попробовать отыскать на месте гравий и произвести подсчеты даже при более дорогом гравии, исчислив s по таблице 5 для щебня и гравия.

По той же причине щебень, непротушенный через грохота, выгоднее щебня, просеянного при одной и той же их стоимости за 1 куб. м. Однако, если гравий покупается с тонны (с веса), то % пустот представляет меньший интерес.

Поясним на примере: Выясним стоимость в деле бетона состава 1:2½:5 при щебне из траппа с 50% пустот ценой 2 рубля за тонну и бетона того же состава при гравии с 40% пустот ценой 2 р. 50 к. за тонну.

Щебень ценой 2 р. за тонну при 50% пустот стоит 2 р. 88 к. за 1 куб. м (см. таблицу 2), а гравий ценой 2 р. 50 к. за тонну стоит при 40% пустот 1,58 × 2 р. 50 к. = 3 р. 95 к. за 1 куб. м. Пусть цемент и песок соответственно имеют цену: 50 р. с тонны и 2 р. с тонны (42,5% пустот в песке). В первом случае на 1 куб. м бетона 1:2½:5 в деле потребно (см. таблицу 5):

цемента	321 кг по 5 к. = 16 р. 05 к.
песку	0,48 куб. м × 3 р. 04 » = 1 » 46 »
щебня	0,96 » × 2 » 88 » = 2 » 76 »

Всего . . . 20 р. 27 к.

Во втором случае:

цемента	292 кг по 5 к. = 14 р. 60 к.
песку	0,44 куб. м по 3 р. 04 » = 1 » 34 »
гравия	0,87 » × 3 » 95 » = 3 » 44 »

Всего . . . 19 р. 38 к.

Здесь преимущество опять за гравием, но не столь значительное.

Однако, мы рассмотрели здесь вопрос лишь с точки зрения хозяйственной. Необходимо замкнуть рассмотрение и с другой стороны: с точки зрения сопротивления бетона, которое может уменьшиться из-за уменьшения количества цемента на 1 куб. м бетона при слишком малом количестве пустот в гравии разной крупности. Поэтому необходимо приготовить бетон не только самой экономичной пропорции и состава, но и потребного сопротивления по проекту сооружения, плотности и водонепроницаемости (напорная часть тела плотины, флютбет разборчатых плотин). Все испытания надо произвести в лаборатории, ориентируясь по приведенным данным и таблицам, выбрав и доставив на испытание образцы щебня, гравия и песка и поставив лаборатории задачу: найти наиболее экономичный состав бетона требуемого сопротивления. Так как колебания в весе единицы объема бетона также влияют на стоимость сооружений, то задача расширяется и от лаборатории необходимо получить таблицу данных испытаний при различных комбинациях в составе бетона с тем, чтобы при проектировании учесть и вес единицы объема бетона.

Однако, обычно эти подробные испытания происходят уже после составления проекта, когда вес 1 куб. м бетона уже принят в проекте.

Объем бетона в куб. м, получаемого из 1000 кг цемента при различном составе бетона (в деле).

(1 куб. фут цемента весит 100 англ. фунтов = 45,36 кг.)

Таблица 4.

Пропорция			Количество раств. по объему в % от объема щебня	Среднее количество бетона в куб. м на каждые 1000 кг цемента					Примечание
Цемент	Песок	Щебень		Щебень однород. размера с 50% пустот	Щебень прос. с 45% пустот	Просеян. грав. с 40% пустот	Сост. смесь грав. разной крупн. с 30% пустот	Сост. смесь грав. разной крупн. с 20% пустот	
1	2	3	75	2,35	2,45	2,54	2,74	2,95	Таблица верна при средних данных. Степень крупности песка и плотность бетона могут изменить количества таблицы в пределах $\pm 10\%$.
1	2	3 ¹ / ₂	65	2,51	2,63	2,76	2,99	3,22	
1	2	4	57	2,67	2,82	2,95	3,22	3,50	
1	2	4 ¹ / ₂	51	2,85	3,00	3,15	3,45	3,76	
1	2	5	47	3,02	3,18	3,35	3,70	4,02	
1	2	5 ¹ / ₂	43	3,18	3,36	3,56	3,92	4,30	
1	2	6	40	3,35	3,56	3,76	4,17	4,57	
1	2 ¹ / ₂	3	87	2,58	2,67	2,77	2,97	3,17	
1	2 ¹ / ₂	3 ¹ / ₂	75	2,74	2,85	2,97	3,22	3,45	
1	2 ¹ / ₂	4	66	2,90	3,04	3,17	3,45	3,71	
1	2 ¹ / ₂	4 ¹ / ₂	60	3,07	3,22	3,38	3,68	3,99	
1	2 ¹ / ₂	5	54	3,25	3,41	3,58	3,92	4,25	
1	2 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	49	3,41	3,60	3,77	4,15	4,53	
1	2 ¹ / ₂	6	46	3,58	3,77	3,99	4,38	4,80	
1	3	4	76	3,13	3,27	3,40	3,68	3,94	
1	3	4 ¹ / ₂	68	3,30	3,45	3,60	3,91	4,20	
1	3	5	61	3,46	3,63	3,81	4,13	4,47	
1	3	5 ¹ / ₂	50	3,63	3,82	4,00	4,38	4,74	
1	3	6	52	3,81	4,00	4,20	4,62	5,02	
1	3	6 ¹ / ₂	48	3,97	4,18	4,42	4,84	5,28	
1	3	7	45	4,13	4,38	4,62	5,08	5,55	
1	3	7 ¹ / ₂	42	4,30	4,56	4,81	5,32	5,82	
1	3	8	40	4,48	4,74	5,02	5,55	6,10	
1	4	5	76	3,92	4,08	4,25	4,59	4,92	
1	4	6	64	4,25	4,47	4,66	5,05	5,47	
1	4	7	55	4,59	4,82	5,06	5,53	6,01	
1	4	8	49	4,92	5,20	5,47	6,01	6,55	
1	4	9	44	5,27	5,57	5,88	6,47	7,07	

Таблица 5

количества цемента в кг, песку в куб. м и щебня в куб. м (гравия), потребные для устройства 1 куб. м бетонного сооружения.

(1 куб. м цемента — 1600 кг или 1 куб. фут. — 100 англ. фунт. = 45,36 кг).
(Taylor and Thomson Concrete costs).

Пропорция			Объем раствора в % от объема щебня	Щебень одного разм. с 50 % пустот			Щебень без высевок с 45 % пустот			Гравий грохоченный с 40 % пустот			Смешанный гравий разной крупн. с 30 % пустот			Примечание
Цемент	Песок	Щебень (гравий)		Цемент кг	Песок куб. м	Щебень куб. м	Цемент кг	Песок куб. м	Щебень куб. м	Цемент кг	Песок куб. м	Гравий куб. м	Цемент кг	Песок куб. м	Гравий куб. м	
1	1	1 ^{1/2}	99	712	0,45	0,67	687	0,43	0,65	663	0,42	0,63	620	0,39	0,59	Таблица пригодна для средних условий. Различная крупность песка и степень плотности бетона (см. § 5) могут изменить данные таблицы в пределах $\pm 10\%$. Используя таблицу для всяких условий, получим максимальную ошибку не свыше указанной.
1	1	2	75	635	0,40	0,80	610	0,38	0,77	582	0,37	0,74	542	0,34	0,68	
1	1	2 ^{1/2}	61	574	0,36	0,90	547	0,34	0,86	522	0,33	0,82	480	0,30	0,76	
1	1	3	51	522	0,33	0,99	495	0,31	0,94	473	0,30	0,90	430	0,27	0,82	
1	1 ^{1/2}	2	93	555	0,53	0,70	535	0,51	0,68	515	0,49	0,65	482	0,46	0,61	
1	1 ^{1/2}	2 ^{1/2}	76	506	0,48	0,80	486	0,46	0,77	466	0,44	0,74	433	0,41	0,68	
1	1 ^{1/2}	3	64	466	0,44	0,88	446	0,42	0,84	426	0,40	0,81	393	0,37	0,74	
1	1 ^{1/2}	3 ^{1/2}	55	433	0,41	0,96	410	0,39	0,91	392	0,37	0,87	360	0,34	0,79	
1	1 ^{1/2}	4	49	402	0,38	1,01	382	0,36	0,96	364	0,34	0,92	330	0,31	0,83	
1	1 ^{1/2}	4 ^{1/2}	44	377	0,36	1,07	357	0,34	1,01	337	0,32	0,96	306	0,29	0,87	
1	1 ^{1/2}	5	40	355	0,34	1,12	335	0,32	1,06	317	0,30	1,00	286	0,27	0,90	
1	2	3	75	422	0,53	0,80	404	0,51	0,76	388	0,49	0,74	360	0,45	0,68	
1	2	3 ^{1/2}	65	392	0,49	0,87	375	0,47	0,83	359	0,45	0,79	330	0,42	0,73	
1	2	4	57	368	0,46	0,93	350	0,44	0,88	335	0,42	0,84	308	0,39	0,78	
1	2	4 ^{1/2}	51	346	0,44	0,98	330	0,42	0,94	314	0,40	0,89	286	0,36	0,81	
1	2	5	47	328	0,41	1,03	310	0,39	0,98	295	0,37	0,93	268	0,34	0,84	
1	2	5 ^{1/2}	43	310	0,39	1,08	292	0,37	1,01	279	0,35	0,97	252	0,32	0,87	
1	2	6	40	294	0,37	1,11	279	0,35	1,06	263	0,33	1,00	237	0,30	0,89	
1	2 ^{1/2}	3	87	384	0,61	0,73	370	0,58	0,70	357	0,56	0,68	333	0,52	0,63	
1	2 ^{1/2}	3 ^{1/2}	75	361	0,57	0,80	346	0,55	0,76	333	0,52	0,73	308	0,49	0,68	
1	2 ^{1/2}	4	66	339	0,54	0,86	326	0,51	0,82	312	0,49	0,79	288	0,45	0,73	
1	2 ^{1/2}	4 ^{1/2}	60	321	0,51	0,91	301	0,48	0,87	292	0,46	0,83	268	0,42	0,76	
1	2 ^{1/2}	5	54	306	0,48	0,96	290	0,46	0,92	277	0,44	0,87	252	0,40	0,80	
1	2 ^{1/2}	5 ^{1/2}	49	290	0,46	1,01	274	0,43	0,95	261	0,41	0,91	239	0,38	0,83	
1	2 ^{1/2}	6	46	277	0,44	1,05	261	0,41	0,99	248	0,39	0,94	225	0,36	0,85	
1	2 ^{1/2}	6 ^{1/2}	42	263	0,42	1,08	250	0,39	1,02	237	0,37	0,87	214	0,34	0,88	
1	2 ^{1/2}	7	40	252	0,40	1,11	239	0,38	1,05	225	0,36	0,99	203	0,32	0,90	
1	3	4	76	317	0,60	0,80	304	0,57	0,77	290	0,55	0,73	270	0,51	0,68	
1	3	4 ^{1/2}	68	299	0,57	0,85	286	0,54	0,81	275	0,52	0,78	252	0,48	0,72	
1	3	5	61	286	0,54	0,90	272	0,52	0,86	261	0,48	0,82	239	0,45	0,75	
1	3	5 ^{1/2}	56	272	0,52	0,94	259	0,49	0,80	248	0,47	0,86	225	0,43	0,78	
1	3	6	52	259	0,49	0,98	248	0,47	0,94	234	0,44	0,89	214	0,41	0,81	
1	3	6 ^{1/2}	48	250	0,47	1,02	238	0,45	0,97	226	0,43	0,92	205	0,39	0,84	
1	3	7	45	239	0,45	1,05	226	0,43	0,99	214	0,40	0,95	194	0,37	0,86	
1	3	7 ^{1/2}	42	230	0,44	1,09	216	0,41	1,02	205	0,39	0,87	185	0,35	0,88	
1	3	8	40	221	0,42	1,11	208	0,39	1,05	196	0,37	0,99	179	0,34	0,90	
1	4	5	76	252	0,64	0,80	241	0,61	0,76	232	0,59	0,73	214	0,54	0,68	
1	4	6	64	232	0,59	0,88	221	0,56	0,84	212	0,54	0,80	194	0,49	0,73	
1	4	7	55	214	0,54	0,95	205	0,52	0,91	196	0,50	0,87	179	0,45	0,79	
1	4	8	49	201	0,51	1,01	190	0,48	0,96	181	0,46	0,91	165	0,42	0,83	
1	4	9	44	188	0,47	1,06	178	0,45	1,01	169	0,43	0,96	152	0,38	0,86	
1	4	10	40	176	0,44	1,11	168	0,42	1,06	158	0,40	1,00	143	0,36	0,90	
1	5	10	47	163	0,52	1,03	154	0,49	0,97	147	0,46	0,93	134	0,42	0,84	
1	6	12	46	138	0,52	1,04	130	0,49	0,98	125	0,47	0,94	112	0,42	0,84	

§ 3. Ручное приготовление бетона.

Приведем описание ручного приготовления бетона при постройке плотин на р. Сев. Донце.

Каждая артель рабочих в 14 человек делала замес такого объема, на который требуется одна бочка цемента, чем избегались отмеривание и неизбежная дополнительная раструска цемента. Сначала происходило смешение насухо цемента и песка; затем, параллельно получившейся грядке, сыпался поднесенный и смоченный щебень.

Так как щебень поступал на место работ совершенно свободным от глинистых и илистых частей, а с одной лишь каменной пылью, то и промывка его велась так.

На поднесенный в окаренке на носилках щебень (окаренок без дна) выливалось ведро воды, после чего щебень сыпался рядом со старцованным раствором; последний сыпался равным слоем по щебню, все смачивалось водой из лейки с ситом и тщательно гарцовалось.

Количество воды зависело от погоды (сухая или влажная) и в среднем колебалось около 12% от объема смеси. Производительность каждой артели (платформы) в 14 человек равна была 1,8 куб. саж. в 10-часовую смену, что дает 14 куб. м за 8-часовой рабочий день, откуда на одного человека за 8 часов работы — 1 куб. м бетона.

Заработок доходил до 1 р. 45 к. в день при цене в 80—90 к. на поденщика чернорабочего.

Расположение работ в плане видно из рис 87.

К ручному приготовлению бетона прибегают и при наличии бетоньерок для усиления темпа работ, а также в целях задержания артелей сдельщиков, которые выполняют одинаково удовлетворительно земляные работы, работают на копре, на доставки материалов к котлованам, на ручном приготовлении бетона, на уборке котлованов и на выдергивании свай.

§ 4. Машинное приготовление бетона.

При постройке водоподъемных плотин отверстием от 80 до 200 м производительность бетонных заводов в СССР колеблется в практике от 100 куб. м в сутки до 350 куб. м в сутки при кубатуре бетона, в данной секции плотин от 2000 куб. м до 4500 куб. м.

В зависимости от общего объема и плана работ, длительности строительного сезона и др. местных условий организуют приготовление бетона с применением одной или трех бетоньерок при средней производительности бетоньерки около 50—60 куб. м в 8-часовую смену.

Усиление производительности достигается применением ручного приготовления бетона.

Бетоньерка располагается в плане таким образом, чтобы обслуживать работы в обе стороны (см. рис. 88).

Полезная нагрузка бетоньерок, применявшихся на р. Сев. Донце, равна 0,3 куб. м (замес).

Подача материалов в бетоньерку происходила следующим образом:

Сначала высыпались 2 вымеренных тачки песку, тотчас за ними вымеренный ящик с цементом, а затем тачки со щебнем.

Между тачками щебня и за последней из них вливалось воды (30—35 литр. т.-е. 2 $\frac{1}{2}$ —3 ведра).

Наполнение бетоньерки требовало	1	минуту
Перемешивание	1	«
Опорожнение	1 $\frac{1}{2}$	минуты

Всего 2 $\frac{1}{2}$ минуты.

а за час 24 замеса, т.-е. 7,2 куб. м в час.

Практически за сутки около 120 куб. м (2 смены по 10 чел.).

Приготовленный бетон высыпался в вагонетку, подходившую к бетоньерке по рельсовому пути (см. рис. 87) и отвозившую бетон к котловану. Путь представлял собой замкнутый контур; при замкнутом контуре применялись разъезды.

При движении вагонетки по краю котлована бетон высыпался по наклонному щиту на переносную платформу, сколоченную из досок.

Таких платформ имелось 2, так как тачки не успевали отвозить бетон по котловану с одной платформы.

Однако, скоро пришлось отказаться от такого порядка работ, ибо нагрузка тачек с платформ—занятие нецелесообразное с точки зрения как техники, так и хозяйства, ибо вызывает неоднородность бетона и добавочные расходы.

Вскоре был установлен другой порядок, к которому быстро перешли все строители плотин на р. Сев. Донце. Бетон принимался из бетоньерки в наклонный лоток сегментного сечения, обитый жестью. В конце лотка был устроен деревянный засов.

Бетон поступал непосредственно в поставленные тачки, которыми развозился по катальным доскам к месту укладки (рис. 87).

При максимальной дальности возки в 50 м требовалось не более 5 тачек к бетоньерке, при средней дальности возки 30 м—3 тачки.

Число рабочих на бетоньерке — 25

человек, включая трамбовщиков (см. ниже). При постройке плотин на реках надо стремиться к особо интенсивному производству работ в виду необходимости закончить работу до прохода высоких вод с одной стороны, а с другой—в целях сокращения расходов на водоотлив.

Поэтому от поденной оплаты труда на бетонных работах надо решительно отказаться, оставляя ее для мелких вспомогательных работ, как, например, прочистка канав, разравнивание канальеров и проч. Однако, при работе бетоньерки целесообразна именно поденная оплата, так как бетоньерка сама заставляет рабочих проявлять живость и быстроту.

Так как последнее обстоятельство ставило бы эту группу рабочих в неблагоприятное положение по сравнению, например, с чистильщиками канав (спокойная работа), то выходом из положения является несколько повышенная оплата поденщиков работающих на бетоньерке. Опыт показал, что равновесие наступает при повышении оплаты труда на 35%: вместо одного рубля на бетоньерке платили 1 р. 35 к. и держали неустанное наблюдение за работой бетоньерки.

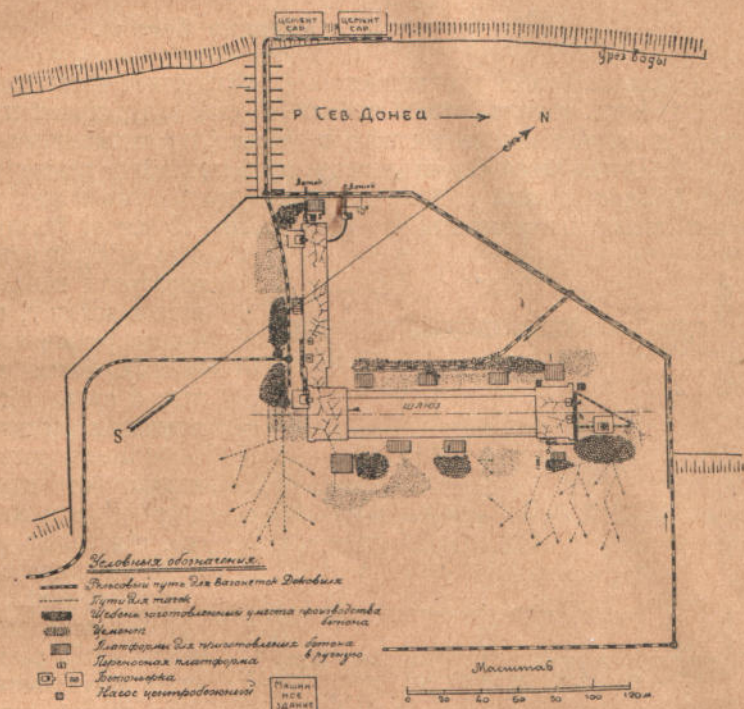


Рис. 87.

Были случаи сдачи сдельно приготовления бетона бетоньерками из расчета за сработанную бочку цемента.

Такой способ привел лишь к перерасходу цемента (сооружение № 5 р. Сев. Донца, 1912 год).

Наиболее высокого качества бетон получился при работе бетоньерки с поденной оплатой труда, при развозке бетона тачками, нагружавшимися непосредственно из лотка бетоньерки.

При сбрасывании на платформы, сгребании бетона и вторичной погрузке в тачки бетон получался худшего качества нежели ручной.

Ночная работа всегда и во всех случаях давала бетон худшего качества, чем дневная.

§ 5. Укладка бетона.

Укладка бетона должна вестись с соблюдением следующих условий:

1. Вода должна иметь свободный сток к водоприемным колодцам без размывания и выщелачивания раствора из только что положенного бетона.
2. Стыки слоев бетона должны располагаться в перевязку.

Обычно первый слой не доводят до шпунтовых стенок и обрезают его посредством досок, поставленных на ребро в 20—25 см от шпунтового ряда, вследствие чего между шпунтовым рядом и бетоном образуется канал, по которому и течет вода к колодцу, где помещен насос (вне бетонируемого котлована, на месте рисбермы). Затем начинают бетонировать второй слой, который и обрезают на некотором расстоянии от первого.

После того, вынув доску, бетонируют от шпунта прежний канал и сразу же и второй слой, не доводя его, однако, на некоторое расстояние до ранее положенного, благодаря чему снова образуется канал, дном которого служит уже схватившийся и, следовательно, весьма слабо размываемый первый слой. Далее ведут третий слой. Им перекрывают второй канал и в то же время, не доводя слоя до шпунтового ряда, делают третий канал и т. д. (рис. 88).

В случае интенсивного производства работ, когда нижний слой бетона не успеет схватиться, закрывание первого канала можно сделать на третьем или четвертом слое бетона.

Вообще надо следить, чтобы вода не делала себе ходов под основанием бетона

и не вымывала бы грунта и раствора из-под основания, а поднималась и стекала бы поверху окрепшего бетона. Бывали примеры при слабом притоке воды, когда постепенных закрытий каналов не делали, а кладку выводили на значительную высоту, оставляя штрабу у шпунтов, а после закрывали весь канал сразу, укладывая несколько слоев друг за другом. Что касается ключей, быющих со дна котлована, то невозможно заделывать их до покрытия всего котлована более или менее толстым слоем бетона.

Изолирование отдельных ключей при помощи бездонной цементной бочки часто давало прекрасные результаты.

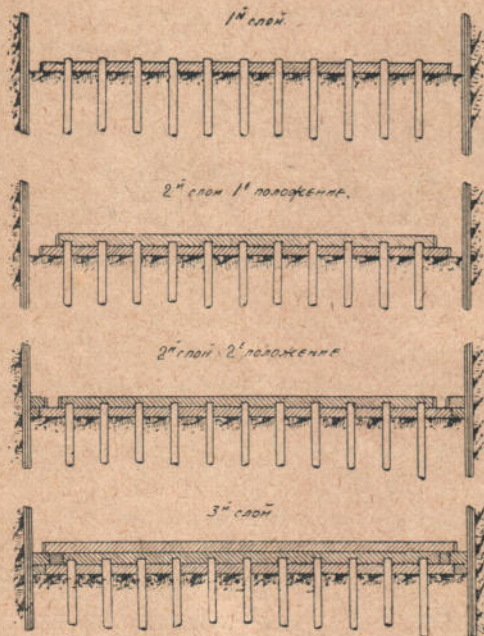


Рис. 88.

Иногда приходилось ставить 2 бочки одну над другой, обкладывая их при бетонировании жирным бетоном и заполняя бочки по прекращении повышения горизонта воды в них бетоном с большим содержанием раствора (на 20%).

Здесь уместно упомянуть, что при наличии шпунтовых рядов водобойной части плотины, заботы по поддержанию стока воды к колодцу насоса распадаются на 2 группы: отвод воды, притекающей к котловану извне и отвод воды, появляющейся при выемке грунта.

Необходимо за шпунтовым рядом устроить канаву и поддерживать сток фильтрационной воды, уничтожая дефекты шпунтовых рядов проконопаткой.

Этот момент является пробным для шпунтовых рядов. Внешняя канава должна подойти к тому же колодцу, к которому несут воду внутренние кюветы вдоль шпунтовых рядов, собирающие воду, притекающую при отрыве грунта из котлована.

Трамбование бетона производится вручную или механическим способом.

При ручном трамбовании трамбовки имеют вес 10—14 кг.

Более рационально трамбовать часто со средней силой, чем сильными, но редкими ударами.

Механическое трамбование при массовых работах обходится дешевле, а главное надежнее, так как полезная работа ручного трамбования жесткого бетона в 10 раз превышает обычную работу ручного трамбования на постройках (ср. прим. к табл. № 5 § 2).

Для пластичного бетона ручное трамбование в 4 раза дешевле трамбования сжатым воздухом.

§ 6. Пластичный или жесткий бетон.

При устройстве бетонного флютбета плотины всегда имеют место формы: шпунтовые ряды, а там где их нет—специальные формы для укладки бетона.

При наличии форм можно применять не только жесткий бетон, но и пластичный.

Жесткий бетон имеет лишь одно преимущество: большее сопротивление сжатию в первый год. В дальнейшем разница становится несущественной (7% через 1½ года для пластичного бетона и 12%—для литого бетона против жесткого бетона).

Зато недостатки последнего серьезны:

1) Водопроницаемость.

2) Неодинаковая плотность в виду недостаточного трамбования (наличие каверн и пр.).

3) Дороговизна трамбования.

Коротко говоря, жесткий бетон предпочтителен лишь в одном случае: когда сооружению предстоит подвергнуться значительной нагрузке вскоре же после его возведения.

Во всех остальных случаях предпочтительней пластичный бетон. Вопрос о применении еще более жидкого бетона, а именно литого, стоит лишь в связи с наличием или отсутствием оборудования для распределения бетона самотеком по котловану. Опыт показал, что последний способ подачи бетона уместен при наличии сосредоточенной в одном месте кладки в количестве свыше 5.000 куб. м. В предотвращение появления трещин от неравномерной осадки итальянцы с успехом применяют пуццоланы, примешивая их в количестве до 10%, что сообщает кладке пластичность. На этом основании итальянцы при постройке своих каменных плотин высотой до 60 м вовсе не применяют швов соединения.

Пластичный бетон хорошего приготовления при составе 1 : 2,5 : 4,5 толщине 40 см и напоре 13 м почти не пропускает воды, жесткий бетон пропускает воду при толщине 1,2 м и напоре менее метра.

При тонких стенах жесткий бетон в отношении водонепроницаемости вовсе неудовлетворителен, как показали тщательные опыты, произведенные в Германии (см. А. И. Фидман. Водное строительство Германии, 1924 г.).

Достаточно водонепроницаемым (толщина бетона 17 см давление 4 атм.), оказался пластичный бетон, содержащий до 15% воды (в отношении объема раствора) при составе 1 части цемента, 3,5 части песка и 2 части щебня $d = 2,5$ см.

Через 28 дней сопротивление на раздробление оказалось равным 240 кг/кв. см.

§ 7. Затрата рабочей силы и стоимость 1 куб. м бетона.

Приведем данные (из практики постройки плотин на р. Сев. Донце) о стоимости 1 куб. м бетона в деле при ручном приготовлении и машинном.

Ручное приготовление.

Рабочая сила:

а) плата бетонщикам за работу по 90 к. за выработку бочку цемента, а всего на 1 куб. саж. $90 \times 12 = 10 \text{ р. } 80 \text{ к.}$

б) трамбовщикам двоим по 1 р. за смену, а на

1 куб. саж. $\frac{2}{1,8} = \text{—} \text{—} \text{—} 11 \text{ —}$

Всего . . . = 10 р. 91 р. за 1 куб. саж.

или = 1 р. 12 к. на 1 куб. м бетона.

Машинное приготовление при развозке бетона вагонетками.

Машинное приготовление при развозке бетона вагонетками требует следующих рабочих:

а) подача воды 2 человека.

б) подвозка щебня 4 "

в) " песку 2 "

г) взламывание бочек и насыпание

цемента 2 "

д) на рычаге бетоньерки 1 "

е) насыпка тачек щебнем 1 "

ж) на вагонетках 6—8 "

з) развозка бетона в тачках 6 "

и) разравнивание и трамбование 7 "

{ в зависимости от числа вагонеток
(дальности расстояния).

Всего . . . 31—33 человека, в среднем.

32 человека по 1 р. 35 к. за 10 часов работы, за какое время бетоньерка давала около 70 куб. м бетона.

На 1 куб. м бетона имеем $\frac{32 \times 1 \text{ р. } 35 \text{ к.}}{70} = 62 \text{ к., т. е. на } 1 \text{ р. } 12 \text{ к.} = 62 \text{ к.} = \text{на } 50 \text{ к. менее, чем при ручном способе.}$

Машинное приготовление бетона при развозке его тачками.

В данном случае 6—8 чел. на вагонетках заменяются двумя человеками на спускании бетона из лотка в тачки, а кроме того на тачках, отвозящих бетон. 4 человека вместо 6, а всего 7 человек отпадают, что дает удешевление на $\frac{1 \text{ р. } 35 \text{ к.} \times 7}{70} = \text{—} \text{—} \text{—} 14 \text{ к. на } 1 \text{ куб. м бетона}$ против предыдущего случая, (50 к.—14 к.=36 коп.), и по сравнению с ручным приготовлением имеем разницу в $50 \text{ к.} + 14 \text{ к.} = 64 \text{ к. на } 1 \text{ куб. м бетона.}$

Стоимость бетона при ручном приготовлении.

а) Приготовление и трамбование 10 р. 91 к.

б) Щебень с подвозкой к бойку 30 " — "

в) Цемент с фрахтом, гужево́й доставкой, расход на устройство цем. сараев, подвозкой к месту работ

5 р. $20 \times 12 = 62 \text{ —} 40 \text{ —}$

г) Песок (на месте) — " — "

д) Расходы на устройство платформ, тачек, катальные доски и проч. 6 " — "

Всего 109 р. 31 к.

за 1 куб. саж. или 11 р. 26 к. за 1 куб. м.

Контрагент получал за 1 куб. саж. 144 р. 45 к. или 14 р. 83 к. за 1 куб. м.

Стоимость бетона при машинном приготовлении.

В данном случае соответственно имеем на 1 куб. м:

11 р. 26 к. — 50 к. = 10 р. 76 к. и

11 „ 26 „ — 64 „ = 10 „ 62 „ за 1 куб. м.

Примечание: Не посчитаны: амортизация оборудования и % на капитал (25% от стоимости машинного оборудования), а также расходы на электрическую энергию; это дает еще 30 к. на 1 куб. м.

Всего сделано было бетона (первая очередь плотины):

а) 2300 куб. м. по 11 р. 26 к.

б) 1200 „ „ „ 10 „ 76 „

в) 2700 „ „ „ 10 „ 62 „

а всего 6200 куб. м. по средней цене

$$\frac{11,26 \times 2300 + 10,76 \times 1200 + 10,62 \times 2700}{6200} = 10 \text{ р. } 88 \text{ к.}$$

Остаток на бетонных работах плотины 1 очереди, включающий накладные расходы подрядчика и его прибыль, равен $(14 \text{ р. } 82 \text{ к.} - 10 \text{ р. } 88 \text{ к.}) \times 6.200 = 24.490 \text{ р.}$, а за вычетом 25 к. на 1 куб. м. + 22.630 р.

§ 8. Бетонные работы в тепляках.

В настоящее время уже не вызывает сомнений целесообразность и экономичность применения тепляков в целях непрерывности работ по возведению плотины.

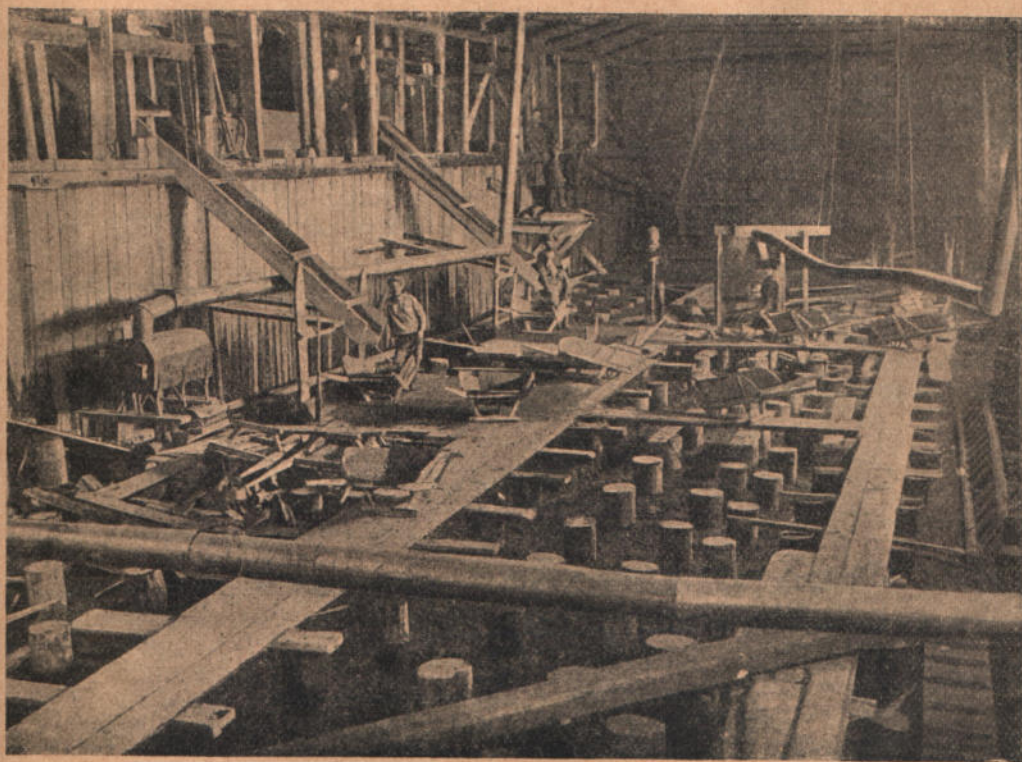


Рис. 89.

И опыт, и подсчеты указывают, что прекращение работ на зиму несомненно вносит удорожание работ вследствие того, что многие виды расходов сохраняются прежние: штаты, содержание служащих для водоотлива, общие расходы.

В силу указанного тепляки были предусмотрены и при постройке плотин на р. Сев. Донце, где строительный сезон весьма значителен: с апреля по ноябрь.

Удорожание работ, вызванное тепляками, определено было для плотин р. Сев. Донца в 40 р. при ценах, указанных выше. При постройке плотин на р. Шексне.

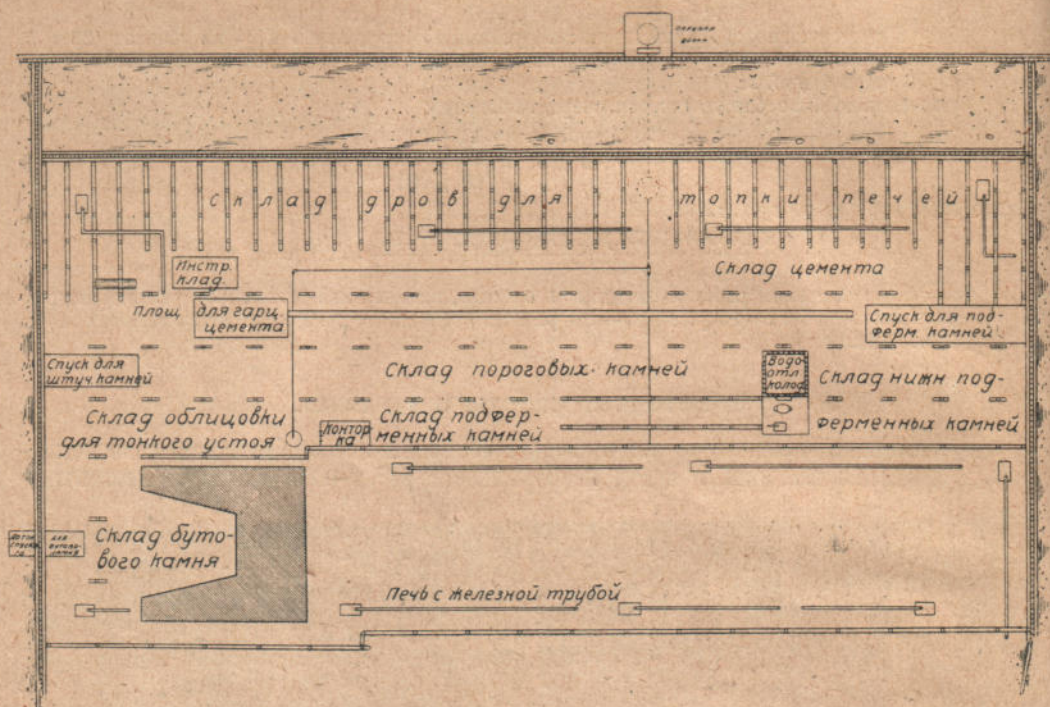


Рис. 90. План нижнего этажа тепляка.

удорожание работ, вызванное тепляками, определилось в рабочей силе и материалах, как указано в § 8.

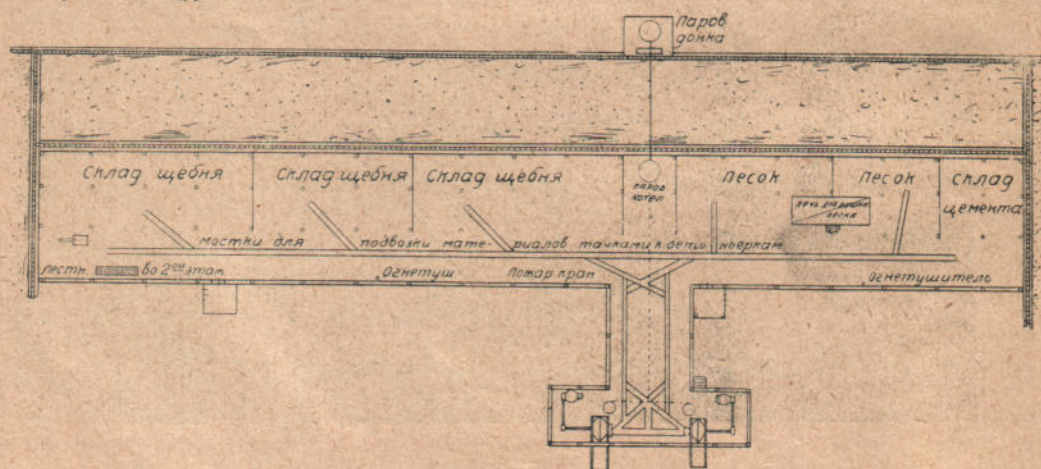


Рис. 91. План верхнего этажа тепляка.

Тепляк для постройки II секции Черепановской плотины устроен был за время с 9 января по 4 февраля 1923 г., рис. 89 изображает флютбет II очереди 20 февраля 1923 г. при работе в тепляках.

Подача щебня в тепляк производилась вагонетками с берега с расстояния 150 м. Щебень сгружался в люки и разгребался в тепляке по закрамам дощатками.

Песок подвозился на лошадях с расстояния 200 м и сгружался в люки. В тепляке разравнивался по закрамам лопатами.

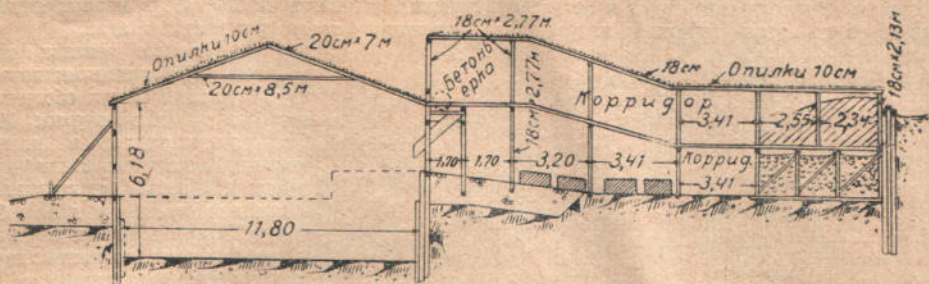


Рис. 92. Разрез по порогу и флютбету.

Цемент подвозился на лошадях на среднее расстояние 300 м. Подача материалов к бетоньеркам и отвозка готового бетона производилась тачками.

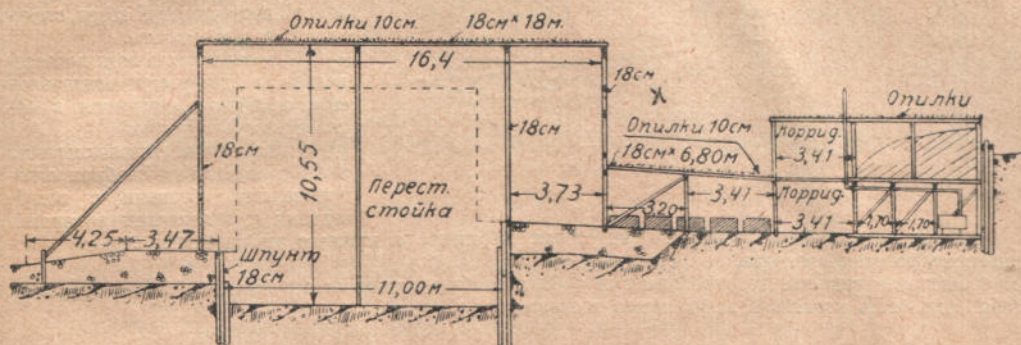


Рис. 93. Разрез по устою.

Работа была начата 5 февраля и окончена 5 марта 1923 г. (2283 куб. м кладки).

Склады щебня, песка и цемента для бетонных работ были расположены в двухэтажной части тепляка и загружались в тепляк через люки, устроенные в крыше.

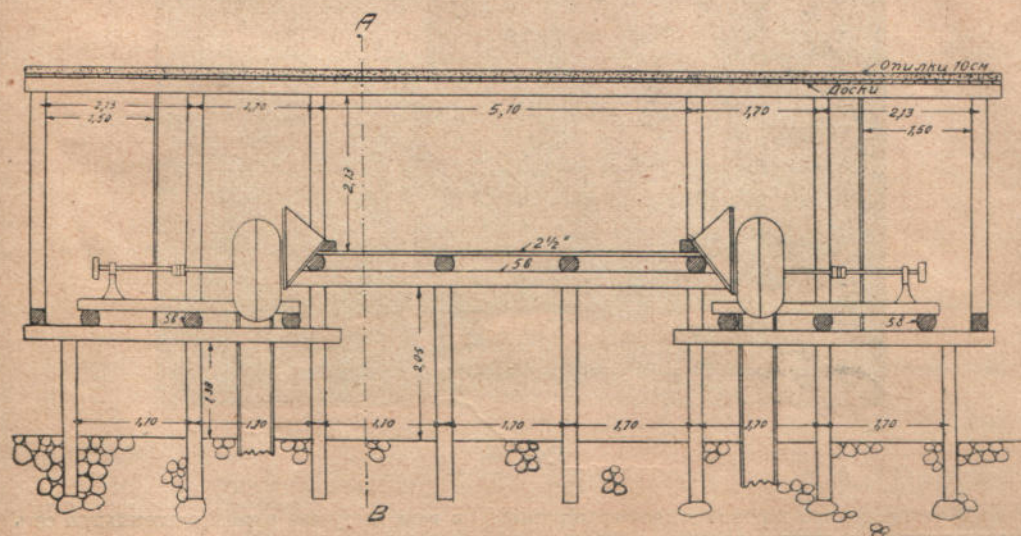


Рис. 94. Расположение бетоньерок в тепляках.

В выступающей части верхнего этажа помещались 2 бетоньерки, приводившиеся в движение электромоторами.

Щебень и песок подвозились к бетоньерке тачками, а цемент подносился в мерных ящиках. Готовый бетон по лоткам спускался на флотбет и развозился тачками к месту укладки.

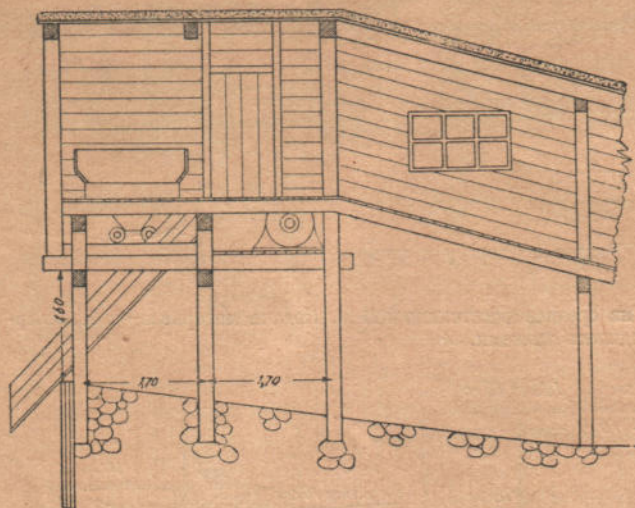


Рис. 95. Разрез по А—В.

Огнетушители были развешены на стенах верхнего и нижнего этажа, бочки с водой ставлялись во всех проходах.

Распределительная водопроводная сеть была снабжена кранами и рукавами с таким расчетом, чтобы вода могла попасть в любое место тепляка.

Отопление тепляка производилось 12 железными печами, из которых 7 штук обогревали котлован флотбета и устоя, 4 шт. были расположены в нижнем этаже тепляка вдоль стены перемычки и 1 печь в верхнем этаже в крайнем отделении для щебня.

В верхнем этаже была еще устроена кирпичная плита с двумя топками для просушки песка.

Для подачи воды в тепляк у наружной стены перемычки была поставлена донка в вертикальный котел. Нагнетательная труба от донки шла во второй этаж тепляка и подавала воду во второй вертикальный котел, стоявший в верхнем этаже.

В этом котле вода подогревалась и по распределительной сети поступала самотеком к бетоньеркам и к устою.

На случай возникновения пожара тепляк был снабжен огнетушителями, бочками с водой, ведрами и пожарными рукавами.

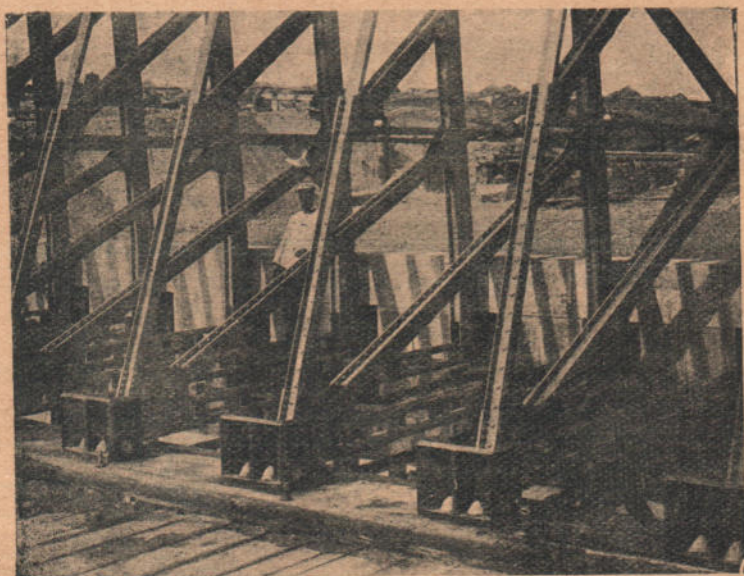


Рис. 96.

В случае пожара верхний котел изолировался, и вода поступала в распределительную сеть непосредственно от донки под напором.

Для освещения тепляка в наружных стенах были сделаны окна.

Ночью тепляк освещался электричеством.

Над флютбетом висели 3 лампы по 400 свечей; коридор верхнего этажа, бетоньерки нижнего этажа освещались лампами силой света от 25 до 75 свечей.

За время с 2 февраля и до 15 марта 1923 г. было израсходовано на отопление и водоснабжение 660 куб. м дров, что при 16 толках и 40 сутках отопления дает средний суточный расход на 1 толку 1,03 куб. м дров.



Рис. 97.

Рисунки 90—95 изображают описанный выше тепляк плотины II очереди (Черепановская плотина).

Рис. 96 изображает законченный флютбет плотины № 6 р. Сев. Донца с установленными фермами и залитыми головками болтов, пропущенными через задние подшивники ферм (сентябрь, 1913).



Рис. 98.

Для передних подферменников устроены ниши, перекрытые верхним рядом штучных камней.

Рис. 97 изображает флютбет Черепановской плотины II очереди с уложенными фермами Поаре (19 марта 1923 г.).

Рис. 98 изображает готовую плотину Поаре на Дону (Кочетовская плотина, законченная в 1922 году).

Рис. 99 изображает бетонные работы при постройке II очереди плотины Wer-dohl-Wilhelmstal, Westfalen. Бетон развозится вагонетками по короткому котловану, что вряд ли рационально (см. выше).

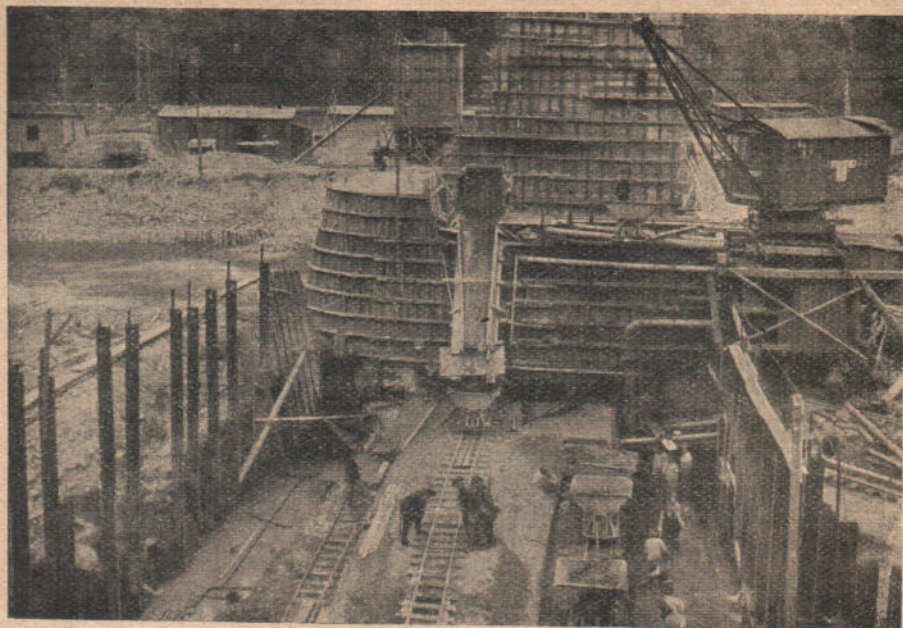


Рис. 99.

Рис. 100 относится к тому же сооружению—постройка II очереди. Выстроена плотина фирмой Siemensbauunion (1923—1924 г.).

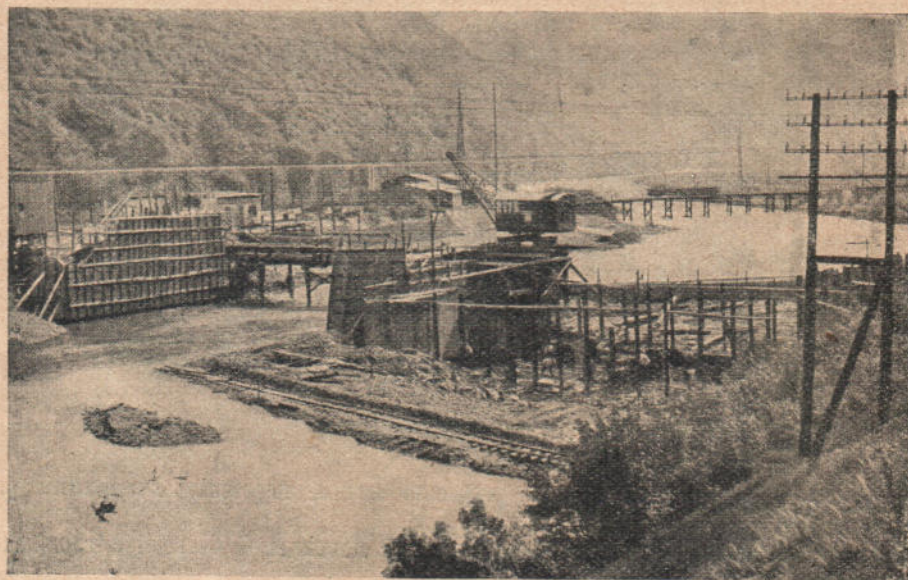


Рис. 100.

Рис. 101 изображает там же установку щитов.

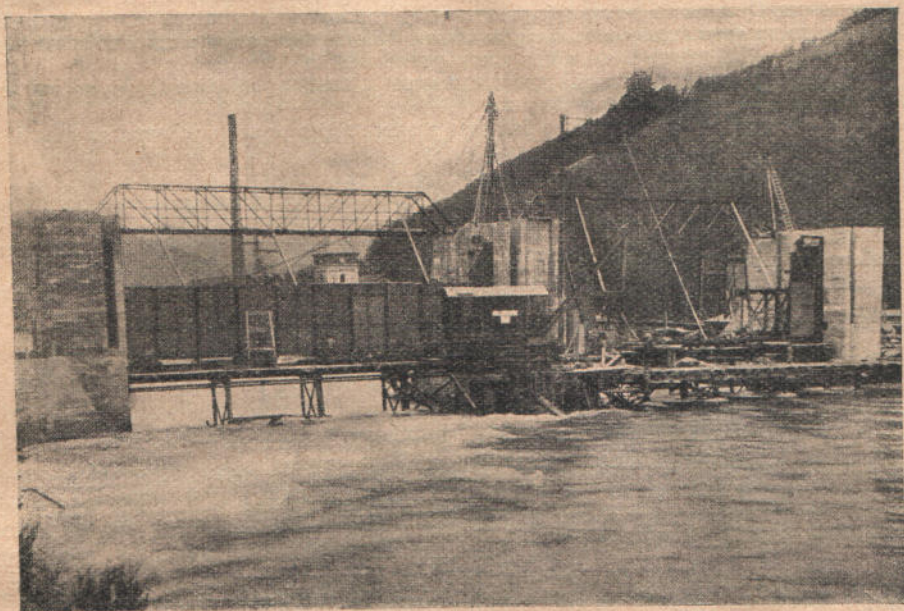


Рис. 101.

Рис. 102 изображает готовую плотину Werdohl.

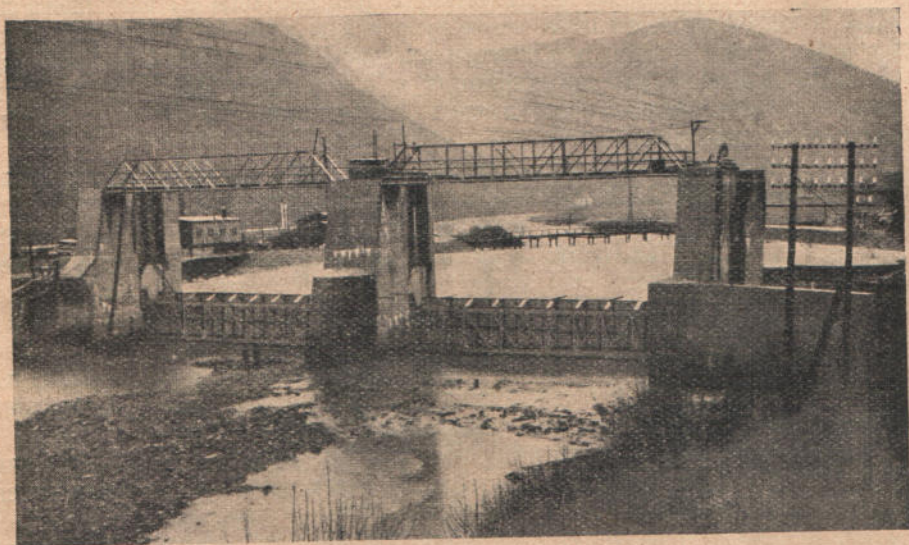


Рис. 102.

При постройке плотины „Знаменитой“ на р. Сухоне бетонная и бутовая кладка произведены были в тепляках (февраль, март 1917 г.) при морозах до $-47,5^{\circ}\text{C}$.
Внутри тепляка температура колебалась в пределах от -10° до 15°C .

Между тем тепляк был сделан лишь из одного ряда досок $= 3,8$ см ($1\frac{1}{2}$ "') с промазкой швов глиной. Этот тепляк оказался практичнее тепляка сооружения № 7 р. Сев. Донца, устроенного из 2-х рядов досок толщиной 2,5 см (1") с засыпкой между ними опилками и без промазки швов.

Перекрытие Сухонского тепляка было сделано из деревянных ферм, при чем верхняя обшивка была сделана, из экономии материала и уменьшения отопляемого пространства, по нижнему поясу фермы. Пролет их был около 12,80 м при длине тепляка 85 м.

Материальный тепляк примыкал непосредственно к тепляку над флютбетом, но пол его был на одной высоте с потолком рабочего тепляка.

Потолок материального тепляка был на отметке берега, так что пути из склада щебня и песка проходили по нему.

Материалы обсыпались вниз через люки.

Материальный тепляк был рассчитан лишь на щебень, так как песок пропускаться по плите, которая всегда оттаивалась.

В тепляке стоял Шухновский котел и 2 насоса для обливки щебня кипятком в тех случаях, когда щебень не успевал вылеживать в тепляке 2 суток.

Технические условия на производство бетонных работ в тепляках.

§ 1. Для производства в зимнее время бетонных работ возводятся на месте этих работ тепляки.

§ 2. Тепляки устраиваются с таким расчетом, чтобы они во всех частях отвечали требованиям прочности, устойчивости и сохранения в них теплоты.

§ 3. Размеры и главные очертания тепляков в плане и по высоте устанавливаются с таким расчетом, чтобы внутри каждого тепляка можно было поместить подмости и в стороне от кладки запас необходимых материалов (песка, гравия, цемента, камня, арматуры и орудий работ, металлических частей, подлежащих заделке в кладку), всего на срок не менее 2 суток работы предельной интенсивности. При значительной суточной производительности искусственный обогрев материалов необходим.

§ 4. Весь поименованный запас материалов и прочих принадлежностей может помещаться и в особом тепляке (материальный тепляк). В таком случае этот тепляк должен иметь непосредственное сообщение со всеми теми рабочими тепляками, в которые поступают для употребления в дело предметы из названного запаса.

§ 5. Помещенный в тепляки песок и гравий должны быть сложены в конуса таким образом, чтобы осмотр и освидетельствование этих материалов были удобны.

§ 6. При входах в тепляки и выходах из них должны быть устроены тамбуры размеров, достаточных для удобного проноса материалов и обеспечивающих при этом минимальную потерю тепла.

§ 7. Двери в тепляках и тамбурах должны быть хорошо обиты нетеплопроводным веществом и иметь приспособление для автоматического самозакрывания.

§ 8. Во всем внутреннем пространстве тепляков, как рабочих, так и складочных, особенно в нижней их части, в уровне начала зимней кладки, должна непрерывно поддерживаться температура воздуха не ниже 8°C выше нуля по C .

§ 9. Понижение температуры воздуха в тепляке ниже этого предела ни в коем случае не допускается до раскрытия тепляка.

§ 10. Для наблюдения за колебанием температуры на уровне зимней кладки желательно поставить минимально-максимальные термометры, доступ к которым должен быть закрыт для всех, кроме администрации работ.

§ 11. Каждый тепляк должен иметь исправные нагревательные приборы для обезнечивания необходимого согревания воздуха в тепляке с устранением опасности в пожарном отношении.

§ 12. В каждом тепляке должны быть установлены осветительные приборы такой силы и так расположенные, чтобы достигалось надлежащее освещение, необходимое для работ. Опасность в пожарном отношении должна быть исключена.

§ 13. Все материалы и металлические части должны до положения их в кладку выдерживаться в тепляках (рабочем и материальном) не менее 2-х суток для прогрева этих материалов по всей их толщине до температуры несколько градусов выше 0°C .

§ 14. Если по ходу работ окажется, что 2 суток на прогревание материала недостаточно, должно быть устроено искусственное прогревание его путем прокладки особых труб парового отопления, плит для рассыпания песка и проч.

§ 15. Вода для изготовления раствора должна быть подогрета до температуры не менее $+12^{\circ}\text{C}$.

§ 16. По окончании кладки в тепляках должна непрерывно поддерживаться температура не ниже $+8^{\circ}\text{C}$ в течение не менее 7 суток со дня окончания бетонных работ, смотря по погоде.

§ 17. По истечении срока, указанного в § 16, кладки свидетельствуется в отношении степени отвердения в особенности в верхних частях: при благоприятных результатах отопление прекращается и через сутки тепляк может быть разобран. При этом верхний слой кладки все же должен быть прикрыт рогожами. В неблагоприятном случае отопление продолжается до получения нужных результатов.

§ 18. Независимо на все принятые меры в отношении возникновения пожара, необходимо снабдить тепляк автоматическими огнетушителями.

§ 9. Удорожание 1 куб. м кладки, вследствие устройства тепляка.

Удорожание кладки вследствие производства работ не на открытом воздухе, а в тепляке, складывается из 4-х видов дополнительных расходов, возникающих при этом: а) расходы на устройство тепляка, б) на оборудование его, в) на отопление его, г) дополнительные расходы на рабочую силу в связи с необходимостью обогрева материалов и вообще затрат на дополнительные операции, а также вследствие меньшей продуктивности в зимней работе по доставке материалов к тепляку.

Черепановская плотина (II очередь).

Пример.

1. Объем кладки, выполненной в тепляке:

а) бетонная кладка	1665 куб. м
б) бутовая кладка устоя	481,26 „ „
в) кладка порога из тесаного камня	101,98 „ „
г) установка верхних и нижних под- ферменников	34,97 „ „

В с е г о 2283 куб. м

2. Расход рабочей силы на постройку и разборку тепляка площадью 1940 кв. м

а) Постройка тепляка требовала:

Плотников 579	Чернорабочих 545
-------------------------	----------------------------

б) разборка:

Плотников 43	Чернорабочих 385
------------------------	----------------------------

3. Стоимость работ по оборудованию тепляка:

а) устройство 12 железных и 2 кирпичных печей:

Жестянщиков . . . 42	Печников . . . 54	Чернорабочих . . 15
----------------------	-------------------	---------------------

б) Устройство водопровода:

Слесарей 14;	Чернорабочих 40.
------------------------	----------------------------

4. Стоимость содержания тепляка:

а) доставка дров в тепляк:

Чернорабочих 190	Лошадей 29
----------------------------	----------------------

б) Топка печей и обогрев. материалов:

Чернорабочих 1440;

в) надзор за тепляками:

старших рабочих 80.

Всего израсходовано по п.п. 1—4 рабочей силы:

печников	54	ст. рабочих	80
слесарей	14	чернорабочих	1816
жестянщиков	42	лошадей	29
плотников	622		

5. Расход материалов на постройку и оборудование тепляка:

а) бревен различных	150,44 куб. м	=	5312 куб. ф.
б) досок толщиной от 2,5 см до 6,25 см.	178,88 „ „	=	6317 куб. ф.
в) железа кровельного	1138,7 кг	=	68 пуд.
г) поковок железных	90 „	=	5,5 „
д) гвоздей кованых	163,8 „	=	10 „
е) гвоздей проволочных	212,16 „	=	13 „
ж) дров аршинных	660,46 куб. м	=	68 кв. саж.
з) кирпича	—		2981 шт.

6. Дополнительные расходы на 1 куб. м кладки в тепляке при 2283 куб. м кладки, произведенной в тепляке площадью 1940 кв. м.

На 1 куб. м имеем:

а) рабочей силы:		б) материалов:	
Печников	0,0216	Бревен	0,060176 куб. м
Слесарей	0,0056	Досок	0,08 „ „
Жестянщиков	0,0168	Железа кров.	0,476 кг
Плотников	0,2488	Поковок железн.	0,036 „
Ст. рабочих	0,0320	Гвоздей кован.	0,066 „
Чернорабочих	0,7264	„ проволоочн.	0,085 „
Лошадей	0,0116	Дров	0,2642 куб. м
		Кирпича	1,2 шт.

При этом на устройство 1 кв. м тепляка требовалось рабочей силы:

Плотников	0,3	Чернорабочих	0,28
---------------------	-----	------------------------	------

Если знать цены на рабочие руки и материалы, то легко получить величину удорожания.

Она равна в современных условиях от 4 р. 50 к. до 7 р. 50 к. на 1 куб. м кладки и более, в зависимости от цен на материалы и рабочие руки, а также в зависимости от профиля плотины.

При постройке плотин на р. Сев. Донце и р. Оке удорожание работ по устройству 1 куб. м кладки было исчислено соответственно в 4 р. (1911 г.) и 2 р. 50 к. (1911 г.) при соответственных ценах на Донце—чернорабочий—1 р. и куб. ф. леса круглого и пиленого 40 к. и 65 к., а на Оке—чернорабочий—80—90 коп. и 1 куб. ф. леса круглого и пиленого 20 к. и 35 к.

§ 10. Облицовка бетонных поверхностей.

При устройстве водосливных и глухих участков плотин, а также устоев и быков, возникает вопрос о наиболее целесообразном покрытии поверхностей кладки.

В случае почти или вовсе незамерзающих рек (Крым, Туркестан, Юг СССР) вполне уместно покрытие поверхности кладки штукатуркой из смеси песка и цемента в пропорции 1:2 или 1:3 с помощью так называемой цементной пушки.

Принимая состав смеси 1:3, получим штукатурку состава 1:2¹/₂, так как песчинки во время «обстрела» пушкой частью отскакивают от кладки, способствуя повышению качества покрытия.

Штукатурку ведут постепенно слоями 5—6 мм, накладывая новый слой лишь после затвердения предыдущего.

Крупность зерен песку—не свыше 5—6 мм, более крупные зерна засоряют трубку.

Напорный откос каменной плотины Elephant Butte был покрыт такого рода штукатуркой при составе смеси 1:2 (штукатурка вышла жирнее) за 4 раза слоями по 6 мм каждый.

Сразу после наложения штукатурки покрытая поверхность не должна соприкасаться с водой во избежание соскальзывания состава.

Водопроницаемость такого покрытия («ганита») достигает 0,05—0,7 водопроницаемости бетона того же состава, влагоемкость—0,7 до 0,19 влагоемкости того же бетона, а порозность—0,52—0,75 порозности бетона ручного приготовления.

Производительность цементной пушки в среднем 8—10 кв. м в час при толщине штукатурки 20 мм.

Стоимость цементной пушки с запасными частями, с пошлинами, фрахтом—не свыше 5.000 р., а в Берлине—не свыше 3.000 р. (1925 год).

Приведем подсчеты стоимости покрытия ганитом (нем. «торкретирование») по ценам Управления работ по постройке Земо-Авчальской станции по данным концерна «Сименс Баунион».

Торкретирование вертикальных и горизонтальных поверхностей на 1 кв. м.

Приняты:

1. Толщина слоя торкрета 20 мм
2. Состав смеси 1:3,5
3. Состав покрытия 1:2
4. Рабочий день 8 часов.
5. Стоимость 1 куб. м песка 2 р. 58 к.
6. Стоимость 1 кг цемента —5,5 к.

I. Торкретирование (покрытие ганитом) вертикальных поверхностей:

а) при наличии опытных рабочих потребно на 1 кв. м поверхности:

цемента 15,6 кг по 0,055 р. — р. 86 к.
песка 0,0274 куб. м по 2 р. 58 к. — „ 07 „
опытных рабочих 0,6 по 1 р. 50 к. — „ 90 „

Всего . . . 1 р. 83 к.

б) при неопытных рабочих:

цемента — р. 86 к.
песка — „ 07 „
неопытных рабочих 1,5 по 1 р. 13 к. 1 „ 70 „

Всего . . . 2 р. 63 к. на 1 кв. м поверхности.

II. Торкретирование горизонтальных поверхностей:

а) при наличии опытных рабочих потребно на 1 кв. м поверхности:

цемента — р. 86 к.
песка — „ 07 „
опытных рабочих 0,35 по 1 р. 50 к. — „ 53 „

Всего . . . 1 р. 46 к.

б) при наличии неопытных рабочих:

цемента — р. 86 к.
песка — „ 07 „
рабочих 0,9 по 1 р. 13 к. 1 „ 02 „

Всего . . . 1 р. 95 к.

С в о д к а.

Торкретирование	Материал	Рабочая сила	Амортизация	Итого
1. Вертикальных поверхностей:				
а) опытн. рабочие	0,93	0,90	0,10	1 р. 93 к.
б) неопытные рабочие	0,93	1,70	0,10	2 „ 73 „
2. Горизонтальных поверхностей:				
а) опытн. рабочие	0,93	0,53	0,10	1 р. 56 к.
б) неопытные рабочие	0,93	1 р. 02 к.	0,10	2 „ 05 „

При постройке сооружений Земо-Авчальской гидростанции торкретирование 1 кв. м поверхности при толщине штукатурки 10 мм обошлось в 40 коп. (рабочая сила) при расходе материалов на 1 кв. м.:

1. Цемент—7,87 кг; 2. Песка—0,0136 куб. м.

Торкретирование сооружений Волховской гидростанции обошлось в 1 р. 72 к. за 1 кв. м, из них на рабочую силу падает лишь 22 к.

В тех же климатических условиях вполне уместно покрытие напорной грани плотины цементной штукатуркой.

Ее в свою очередь покрывают мыльным раствором (75 г на 1 л воды) и через 24 часа раствором квасцов (12,5 г на 1 л воды). Способ (Сильвестра) дает хорошие результаты, однако, уступает предыдущему в отношении экономии.

На Эльбе и Молдаве быки и устои некоторых разборчатых плотин возведены из бетона с покрытием их облицовкой из так называемого искусственного гранита, который настолько удачно подобран по оттенку к угловым камням и ступеням, приготовленным из естественного серого гранита, что быки и устои кажутся высеченными из гранитного монолита.

Искусственный гранит оказался настолько тверд, что на нем могут быть вытесаны капелюры и другие архитектурные украшения.

Его состав:

1 ч. цемента,

2 ч. мраморного порошка,

3 ч. очень мелких зерен из битого мрамора среднего диаметра 1 мм (половина зерен черного цвета, половина белого),

1 ч. также подобранных по цвету зерен среднего диаметра 3 мм,

1 ч. тоже среднего диаметра 7 мм.

Прибавив достаточное количество воды и хорошо смешав составные части, полученную смесь кладут одновременно с бетонной кладкой стены слоем 10 см, отделяя его от бетона жестяной прокладкой.

После очень тщательной трамбовки жесть вынимают, чтобы облицовка схватилась с бетоном.

Меняя пропорцию и цвет зерен, можно получить искусственный гранит самых разнообразных оттенков. Можно употреблять для этого также гранитные зерна. Стоимость этой облицовки в условиях ее применения (1910 год) 2 р. 25 к. довоенных за 1 кв. м.

За 2 года своего существования (1910—1912) облицовка держалась прекрасно. Однако, в суровом климате она не проверена.

В этом случае единственно правильное решение вопроса—это покрытие поверхности кладки облицовкой с расшивкой швов на глубину до 5 см, и заполнением их раствором 1:1.

Этот способ дал хорошие результаты в отношении водонепроницаемости (плотина Cheeseman и Pathfinder).

Появляющаяся иногда в начальный момент фильтрация обычно быстро ликвидируется, вследствие заиливания пор.

Однако, этот способ покрытия кладки наиболее дорогой.

Стремление удешевить работы может привести к следующему решению.

Напорная грань плотины на 1—2 м ниже самого низкого рабочего горизонта покрывается штукатуркой; далее до гребня идет облицовка с грубой теской лица; гребень и ниспадающая часть покрыты облицовкой получистой тески, далее — облицовка грубой тески.

При подсчете стоимости облицовки дополнительно к стоимости кладки, объем которой считается, включая облицовку, необходимо вычесть стоимость кладки в объеме облицовки на 1 кв. м из стоимости 1 кв. м последней.

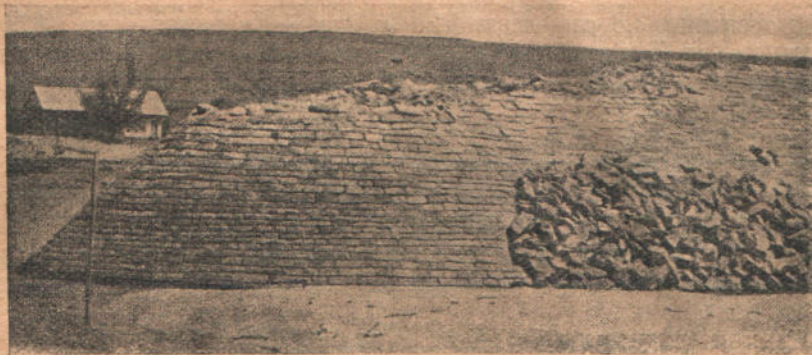


Рис. 103. Направляющая дамба.

В заключение приведем данные о стоимости облицовки (получистая теска постелей и заусенков, грубая теска лица) и грубого прикола (грубая околка буттового камня).

Грубый прикол на р. Сев. Донце применялся для облицовки сухой кладки (конуса, направляющие дамбы и проч.). При сдельной работе каменщик укладывал за 10-часовой рабочий день до 2,7—3 куб. м сухой кладки, включая укладку облицовки, которой приходилось 2 кв. м на 1 куб. м кладки дамб.

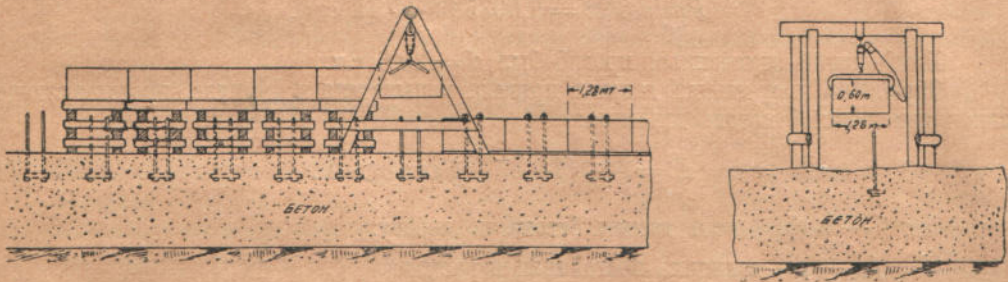


Рис. 104. Установка больших подферменных камней при постройке 2-ой очереди плотины на р. Шексне у д. Черепаново.

Один каменотес при сдельной работе готовил 2,25 кв. м грубого прикола из плитняка за 10-часовой рабочий день. 1 куб. м сухой кладки стоил контрагенту в 3 р. 70 к. (с облицовкой). Облицовка буттовых массивов готовилась в карьерах песчанника, где обходилась с выломкой камня в 20 р. за 1 кв. саж. или 4 р. 40 к. за 1 кв. м. Доставка производилась баржами легкого типа по 6½ коп. за нуд, т.е. по 4 р. за тонну. При весе 1 кв. м облицовки в 720 кг, доставка 1 кв. м облицовки стоила 2 р. 88 к. Нагрузка и выгрузка давала и в сумме еще 44 к. на 1 кв. м; внутренний транспорт на сооружении—85 к. на 1 кв. м, а всего на 1 кв. м имеем 4 р. 40 к. + 2 р. 88 к. + 85 к. = 8 р. 57 к.

Рис. 103 изображает направляющую дамбу сооружения № 5 р. Сев. Донца. Кладка сухая, облицованная грубым приколом.

Снимок сделан (рис. 103) после зимнего паводка 1912 года. Течением вымывало песчаное заполнение дамбы, обделанной кладкой лишь с поверхности. Кроме того разрушительно действовал лед. Рис. 104 изображает установку подферменников Черепановской плотины.

§ 11. Данные для расчета бетонных форм на горизонтальное давление бетона.

Бетонные формы подвержены горизонтальному давлению несхватившегося бетона.

Это давление зависит от толщины слоя несхватившегося бетона и от его консистенции (жидкий, пластичный, сырой).

В обычной американской практике формы считают, принимая бетон за жидкость весом 1000 кг в 1 куб. м.

При этом в случае доски форм толщиной в 2,5 см ребра форм ставят через 0,60 м; при досках толщиной 3,8 см—через 1,20 м, при 5 см досках—через 1,50 м.

Опыты Ashley (Engineering News, 30 June 1910) показали, что пластичный бетон в стенах толщиной 0,90 м оказывает горизонтальное давление на формы, как жидкость с весом единицы объема в среднем около 1000 кг в 1 куб. м.

Давление возрастало по закону прямой (гидростатическое давление), так что на глубине 1,80 м давление на доски было до 2140 кг в 1 кв. м.

При широких бетонных массивах (1,5—3 м) в случае жидкого бетона формы считают подверженными давлению жидкости с весом 1 куб. м в 2000 кг.

В сентябрьском номере журнала «Beton und Eisen» за 1923 год помещены результаты опытов с сырым (в виде земистой массы), пластичным и жидким бетоном состава 1:6 (по объему).

Температура воздуха колебалась от 16° до 20° С.

Для опытов служил деревянный ящик длиной 1,7 м, шириной 0,62 м и высотой 2,64 м.

Задняя и боковые стенки ящика были сделаны столь солидными, что они никаким деформациям при заполнении ящика бетоном не подвергались. Передняя стенка состояла из 14 сосновых планок, не связанных между собой. Сечение планок 2×6 см.

Во время заполнения ящика бетоном прогибы этих планок непрерывно измерялись, по каковым прогибам d и модулю упругости E определялось боковое давление:

$$Pm/\text{кв. м} = 0,003583 \cdot d \text{ (в см.)}$$

Наибольший отмеченный прогиб был $d = 20,6$ см.

Обработка полученных данных привела испытателя к формуле, представляющей закон изменения бокового давления:

$$P = \frac{\gamma}{f \cdot c} (1 - e^{-keh}) \text{ для } c > 0 \dots \dots \dots (1)$$

где: f —коэффициент трения бетона по дереву;

$K = f \left(\frac{P}{g} \right)$ —величина постоянная и равная:

Для сырого бетона—0,401; пластичного—0,380; жидкого—0,375;

g —давление на дно в т/кв. м;

γ —вес 1 куб. м уплотненного бетона—2,1 т;

$c = \frac{N}{F}$, где F —площадь горизонтального сечения ящика, а N —периметр сечения ящика;

$e = 2,718$ —основание натуральных логарифмов;

h —высота наполнения бетона.

При $h = \infty$ имеем:

$$P_{\max} = \frac{\gamma}{f \cdot c} \text{ для } c > 0 \dots \dots \dots (2)$$

Это асимптота кривой, выраженной уравнением (1).

С уменьшением величины $c = \frac{N}{F}$ боковое давление P возрастает.

Ниже помещаем таблицу данных произведенных опытов.

Консистенция бетона	сырой	пластич- ный	жидкий
Вода (6% по весу)	6,7	10,0	13,0
tg угла естественного откоса	0,38	0,31	0,27
Начало схватывания через	12 час.	13	13,5
Время наполнения формы	130 мин.	100 мин.	55
Скорость наполнения м/ч	1,22	1,58	2,88
Коэффициент трения бетона по дереву	0,85	0,70	0,64

Необходимо обратить внимание на величину h , под которой понимается сумма толщин слоев бетона, которые к определенному моменту еще не подверглись схватыванию.

Пусть надо заполнить жидким бетоном состава 1:8 массив длиной 10 м, шириной 2,5 м и высотой 8 м при непрерывной подаче бетона 15 куб. м в час.

Предварительными пробами время начала схватывания установлено $t = 10$ часов.

Необходимо определить боковое давление бетона на различных глубинах от верхней грани массива.

$$\text{При } \rho_{\text{бетон}} C = \frac{N}{F} = \frac{25}{25} = 1.$$

$$\text{Скорость наполнения ящика равна } \frac{15}{25} = 0,6 \text{ м/ч.}$$

$$\text{Максимум } h = t \cdot v = 10 \times 0,6 = 6 \text{ м.}$$

Таким образом, при увеличении высоты наполнения свыше 6 м высота давления будет оставаться постоянно равной 6 м и боковое давление далее не возрастает.

В нашем примере при изменении высоты h от 1 м до 6 м величина P меняется от 1,03 до 2,94 т/кв. м.

§ 12. Стоимость 1 куб. м бетона выстроенных плотин.

Американские данные. Стоимость рабочей силы, материалов и проч. на 1 куб. м бетона плотины колеблется в пределах:

	В средн.	Дата.
Рабочая сила 2 р. 00 к.—6 р. 50 к.	3 р. 25 к.	1912 г.
Материал + рабочая сила 8—24 р.	14 р. 30 к.	
Состав бетона в среднем 1:3:7.		

Примечания. 1) оплата труда рабочего от 30 к. до 50 к. в час; 2) прибыль и содержание постоянной конторы предприятия сюда не входит; 3) общие расходы и накладные расходы входят; 4) в стоимость материала входит лишь стоимость цемента, песка и щебня; 5) стоимость форм не входит.

Итальянские данные. Стоимость 1 куб. м бетона в плотинах в пределах Италии колеблется от 8 до 12 р. в среднем 9 р. до 1915 г. Состав бетона от 1:3:7; 1:4:8 (передняя и задняя части вододержательных плотин).

Русские данные. а) По контракту на шлюзование Сев. Донца казне обошелся 1 куб. м бетона от 1:3:7 в 14 р. 83 к. (без тепляков и форм) 1911—1914 г.г. б) При хозяйственном способе при постройке плотины на Шексне, в Черепанове, (1922—1924 г.г. 1 куб. м бетона обошелся казне (стоимость в деле цемента, песка и щебня и манипуляций с ним, а также общие накладные расходы) в 20 р. червонных, при этом песок в деле стоил лишь 20 к. (на 1 куб. м бетона), цемент 8 р. 40 к. и щебень 8 р., укладка 1 р. 50 к., оборудование 60 к., общие расходы 1 р. 30 к., всего 20 р.

Однако, необходимо добавить, что цены приведены для случаев опытного и энергичного руководства работами. Примеров, иллюстрирующих неумелое руководство вовсе не приводим; они безотрады и подражания не заслуживают.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

Временная силовая станция.

Силовая станция при постройке плотины необходима для водоотлива, освещения, механического приготовления щебня и бетона, для подачи энергии в мастерские, для распиловки леса и прочих надобностей.

Потребная мощность станции определяется максимальной ее нагрузкой за период работы.

Это имеет место в момент отрывания котлованов до проектной отметки и приступа к бетонным работам, когда требуется подача удаляемой воды в большем количестве на максимальную высоту при одновременной работе бетоньерок, а также при необходимости освещения в ночное время.

К этому времени приходит к концу заготовка щебня (если она не идет параллельно с бетонными работами) и пиленого леса, вследствие чего мощность силовой станции назначают, исходя от потребной мощности, N_1 на водоотлив, N_2 на бетоньерки и N_3 на освещение.

$N = N_1 + N_2 + N_3$ дает искомую мощность, если не имеется в данном случае одновременно никакой другой потребности, вызываемой особой полнотой оборудования работ, как-то: подача энергии на мельницу для размолы зерна, мастерские и т. д.

Исчисленной, таким образом, мощности N всегда хватает и на предыдущий период и на последующий.

Принципы рационального снабжения энергией отдельных установок, условия их службы (требование быстрой уборки) и урок, полученный на р. Сев. Донце, в результате применения отдельных установок со своими тепловыми двигателями, заставляют прибегать к устройству временной центральной электрической станции на незатопляемом месте на берегу реки по возможности ближе к центру потребления энергии.

Первое слагаемое, т.-е. мощность $N_1 = \frac{H \cdot \Omega_1}{75} \cdot 1,5 \cdot \alpha$, где H — предельная высота подачи (в метрах) удаляемой воды, считая от горизонта воды в колодце у насоса (этот горизонт ниже самого низкого места дна кюветов котлована на 0,5—0,7 м) до оси трубы, выливающей воду в лоток; Ω_1 — вскрытая площадь котлована в кв. м; площадь котлована под понур пренебрегают в виду незначительной выемки:

α — число литров воды, притекающей в секунду к насосам с каждого квадратного метра площади Ω_1 ;

$\alpha = 0,066$ л/сек. с 1 кв. м вскрытой площади котлованов в случае притока воды в количестве 0,3 л/сек. с 1 кв. саж. (см. «Водоотлив»).

Коэффициент $1,5 = \frac{1}{m \cdot n}$ при m — коэфф. полезн. действия электр. моторов и n — коэфф. полезн. действия насосов.

$$N_1 = \frac{H \cdot \Omega_1}{75} \cdot 1,5 \cdot \alpha = 0,02 H \cdot \Omega_1 \cdot \alpha \text{ л. с.}$$

При $\alpha = 0,066$ л/сек. имеем $N_1 = 0,00132 \cdot H \Omega_1$ л. с.

Мощность, потребная для механического приготовления бетона, равна $\frac{Q}{2}$ л. с., где Q — производительность бетоньерок в куб. саж. за 8-часовой рабочий день, так как на каждую куб. саж. производительности бетоньерок за 8-часовой рабочий день расходуется $\frac{1}{2}$ л. с.

Итак, $N_2 = 0,5 \cdot Q$ л. с.

Мощность N_3 определяют по действительной потребности. Однако, если взять данные 18-ти случаев постройки плотин на русских реках (в целях улучшения судоходных условий), то N_3 можно определить грубо-приближенно заранее по величине Ω_1 котлованов. Тогда не нужно отдельно учитывать никаких расходов энергии на освещение постройочной территории (установок, барачков, жилых домов для рабочих и служащих, мастерских и проч.).

При этом на каждые 450 кв. м одновременно освещаемой площади Ω_2 котлованов ($\Omega_2 \leq \Omega_1$) надо полагать 2 л. с., т.-е.

$$N_3 = \frac{\Omega_2}{450} \cdot 2 = 0,0044 \Omega_2 \text{ л. с., где } \Omega_2 \text{—в кв. м.}$$

Конечно, такой формулой можно пользоваться лишь в сходных условиях, т.-е. в условиях, близких к тем, что наблюдаются при постройке плузов и плотин на реках. В противном случае величину N_3 лучше определить также по действительной потребности, взяв в среднем по 2,5—3 ватта на 1 м² освещаемой площади всех видов.

Итак, к приемникам электрической энергии должно быть подведено:

$$N = 0,02 \cdot H \cdot \Omega_1 \alpha + 0,5 \cdot Q + 0,0044 \cdot \Omega_2 \text{ л. с.}$$

Устанавливаем на станции динамо мощностью $1,25 \cdot N$, внося потери в проводах и запас.

Лучше брать в средних условиях 2 динамо и 2 локомобили, чтобы обе пары давали в сумме требуемую мощность.

Прочистка локомобилей происходит поочередно через 2—3 недели.

Иногда это вызывает перебои в работе, вследствие чего прочистку приурочивают к празднику или ко дню выдачи заработной платы.

При энергичной работе прочистка отнимает не свыше 1½ суток.

Здание станции устраивается простейшей конструкции.

На юге — из двойной обшивки с обеих сторон вкопанных стоек, с засыпкой сухим грунтом пространства между досками; на севере — бревенчатое.

Крыша кроется железом.

Фундаменты под локомобили и динамо устраиваются бетонные. На каждой установке в котлованах, как бы мала она ни была, совершенно необходимо иметь, кроме пускового реостата, также амперметр и предохранители.

Это даст возможность вести учет расходования энергии.

Насос с мотором соединяется или непосредственно (муфта) или при посредстве ременной передачи.

Последнее менее удобно, так как при переменной влажности воздуха над котлованом часто нужна перетяжка ремня; кроме того, ременная передача вызывает лишний расход энергии, имея коэффициент полезного действия меньше единицы.

Насос и мотор устанавливаются на свайном помосте, снабженном стойками, по которым проходит односкатная крыша; первоначально же под насосами и моторами подкладываются горизонтальные рамы, жестко связанные и прибалчиваемые к насосу и мотору.

Снабжение силовой станции водой происходит специальным насосом $d = 33$ — 50 мм, а иногда до 125 мм, получающим ток от той же станции.

Насос подает воду в деревянный лоток (или трубы), выливающий воду в устроенный непосредственно у станции бетонный колодец размерами в среднем $4 \times 4 \times 2$ м.

Это колодец является в известной мере регулятором на случай перебоев в работе питательной установки.

Последняя обычно не нуждается в постоянном присмотре: насос пускается в ход и работает, сколько нужно, находясь под замком, после чего выключается на известный срок по требованию механика станции.

В заключение приведем данные о временных силовых установках и центральных станциях, работавших при постройке плотин на р.р. Сев. Донце, Дону, Оке, Шексне, а также плотины и гидростанции на р. Волхове.

Пример 1.

Сооружение № 5 на р. Сев. Донце строилось без центральной станции: работали отдельные установки, а именно:

1.	Вертикальный водотрубный котел системы Шухова, поверхн. нагрева 70 кв. ф., давал 8 атм, двигатель 10 л. с. при насосе.	Насос центробежный системы — „Непобедимый“.
2.	Локомотив зав. Вреде и К ^о в Або, мощн. 23 л. с. на валу.	10'' центробежный насос сист. Борзиг.
3.	Локомотив общий (см. п. 2).	5'' центробежный насос системы „Лист“.
4.	Паровая турбина завода Лавала в Швеции 7 л. с. с вертикальным котлом.	6'' турбина.
5.	Вертикальный котел с паровой машиной в 5 л. с.	Бетоньерка.
6.	Нефтяной двигатель „Скандия“ на 12 л. с.	Камнедробилка.

Пример 2.

Сооружение № 3 на р. Сев. Донце. При постройке имело временную центральную электромеханическую станцию с локомотивом 34 л. с. и 26 л. с. и 2 динамо постоянного тока, подававших энергию в распределительные шины, откуда энергия отводилась на освещение и к моторам, соединенным с насосами 10'', 6'', 5'', 1 1/2'' и к 2 бетоньеркам.

Полная высота подачи воды (всасывание + нагнетание) доходила до 5,30 м. Кроме того нефтяной двигатель „Скандия“ мощностью 15 л. с. приводил в движение центробежный насос 8'' Вортингтон.

Максимальная потребная от центральной станции мощность была равна не более 40 квт, считая на валу приемников, а именно 17 квт к насосу 10''; 6 квт к насосу 6''; 5 квт к насосу 5'', к бетоньеркам—3,5 квт, к насосу 1 1/2''—0,5 квт, на освещение—8 квт.

Пример 3.

Сооружение № 1 реки Оки. Электрическая станция, обслуживавшая постройку сооружения № 1 на р. Оке, имела 2 двухтактных—нефтяных двигателя и 2 динамо (первая очередь). Мощность каждого двигателя до 50 дейст. л. с. при числе оборотов 230.

В ход двигателя пускались сжатым воздухом при давлении 60 фунт.

Динамо завода по 41 л. с. при 130 А и 230 В и числе оборотов 940.

Станция имела мощность $41 \times 2 = 82$ л. с., а требовалось расходовать энергии у приемников:

насосы	{	10''	23 л. с.	
		5''	6 " "	
на бетоньерку		8 " "		} работа не сдано- временная на указанную мощность
на лесопилку		18 " "		
на камнедробилку		8 " "		
на землесос		23 " "		
на освещение		14 " "		

Всего 100 л. с. у приемников.

В виду недостатка мощности был установлен дополнительно нефтяной двигатель на 40 л. с. с перегрузкой до 50 л. с.

Пример 4.

Сооружение № 2 на р. Оке. Для приведения в действие водоотливных приспособлений и лесопилки, а также для освещения подрядчик устроил электрическую станцию, где была установлена динамо мощностью 75 л. с. при 230 В и 217 А при 830 оборотах в минуту.

Динамо приводилась во вращение локобилем мощностью лишь до 68 л. с., имевшим поверхность нагрева 35,8 кв. м при рабочем давлении пара в котле 7 атм.

От указанной станции получали энергию 6 моторов.

24 л. с. при 220 В и 92 А и $n = 785$ в мин.	} Нагрузка моторов не одновременно.
12 " " " 220 В " 46 А " $n = 1020$ " "	
11 " " " 220 В " 42 А " $n = 1360$ " "	
25 " " " 220 В " 95 А " $n = 770$ " "	
25 " " " 220 В " 95 А " $n = 770$ " "	
9 " " " 220 В " 35 А " $n = 1050$ " "	

Всего 104 л. с. к приемникам, не считая освещения.

Пример 5.

Сооружение № 1 на р. Дону. При постройке было оборудовано центральной электрической станцией, состоявшей из 3 локобилей (120 л. с., 60 л. с. и 40 л. с.) с динамо соответственных мощностей.

Приемниками электрической энергии служили: 3 мотора по 36 л. с. к 10'' насосам, 1 мотор в мастерских мощностью 12 л. с. и 3 мотора по 8 л. с. (бетоньерки, камнедробилки); кроме того, освещение от центральной станции.

Совершенно независимо работал землесос со своей паровой машиной 300 л. с.

Пример 6.

Сооружение № 2 на р. Дону имело при постройке центральную электрическую станцию, состоявшую из 3 локобилей с динамо.

По шлюзу приемниками были:

2 мотора по 24 л. с. . . . (насос 10'')
1 " в 8 " " . . . (насос 4'')
1 " " 8 " " . . . (бетоньерка)
1 " " 12 " " . . . (мастерские).

Освещение от общей сети.

Пример 7.

Сооружение № 4 на р. Дону. При постройке шлюза работала временная станция из 3 локобилей (90 л. с., 45 л. с. и 45 л. с.) с динамо отвечающих мощностей.

Приемниками энергии служили: 3 мотора по 24 л. с. для насосов по 10'', один мотор 30 л. с. для камнедробилки, 1 мотор 8 л. с. к бетоньерке, 1 мотор 5 л. с. в мастерских и 1 мотор 5 л. с. к насосу, питающему станцию (всего 120 л. с.).

Освещение из общей сети.

Пример 8.

Черепановское сооружение на Шексне, законченное постройкой в ноябре 1923 г., имело на станции: 2 локобиля по 33 л. с. и 2 динамо по 25 квт (лето 1923 г.), когда строился средний участок сооружения (III очередь).

Кроме того, на камнедробилке работал локобилей мощностью 15 л. с., а на лебедках для вывоза грунта из котлована по наклонным плоскостям — 2 паровые машины мощностью 8 л. с. и 12 л. с.

Центральная станция освещала работы и береговые помещения, а также питала моторы насосов 10'' и 8'' (23 л. с. и 18 л. с.), камнедробилки, лесопилку (12 л. с.), бетоньерки и мастерские (14 л. с.).

Одновременно потребная мощность на работах не превышала 60 л. с.

Насосы 10'' и 8'' при одновременной работе имели открытие клинкетов не выше 0,4. Максимальная высота подъема воды — 9 м.

Пример 9.

В этом примере приведем лишь данные о стоимости вырабатываемой энергии временных станций при постройке Волховских сооружений.

Дизельная станция с агрегатами по 200 л. с. давала энергию у абонента по 8,13 пид. к. = 8,13 \times 1,85 = 15,04 к. за 1 квт/час.

Расход нефти на 1 л. с./час = 0,25 кг.

Паровая станция при мощности ее в 500 л. с. давала энергию в 5,53 \times 1,85 = 10,23 к. за 1 квт/час.

Данные относятся к январю 1924 г.

При этом отношение стоимости 1 кг нефти к стоимости 1 кг дров равнялась 24 и 30, а отношение удельного расхода дров на 1 квт/час к удельному расходу нефти в среднем за тот же период равнялась 10.

Ниже приводим таблицы для исчисления стоимости 1 квт/час Волховских временных станций (см. сл. страницу).

Дизельная станция № 1.

П Р Я М Ы Е Р А С Х О Д Ы				К О С В Е Н Н Ы Е Р А С Х О Д Ы			П р и м е ч а н и е
В ы р а б о т а н о 174300 квт часов				Наименование	Общий расход	Расход на 1 квт час	
Наименование материалов	Расход материалов на 1 квт час	Стоимость единицы материала	Стоимость материала на 1 квт час				
Нефть	0,3635	5,5695	2,0412	Контора	239—16	0,1653	Общая стоимость 1 квт час: 2,8 + 3,1 = 5,9 к.
Масло машинное .	0,0266	17,094	0,4547	Персонал админ. и техн. .	204—23	0,1172	
„ гидравлическое .	0,00933	18,315	0,1691	„ эксплуат.	1937—18	1,1114	На местные нужды тратилось 70% от общей суммы выработки.
„ компрессорное .	0,0025	21,973	0,00553	„ ремонтный	457—65	0,2626	
„ солидоль	0,00092	39,072	0,0391	Ремонт машин:			Стоимость на шинах: 5,9 : 0,93 = 6,34 лнд. к.
Копцы	0,001244	47,619	0,0497	а) Материалы	273—82	0,1571	
Паки	0,001023	29,304	0,0303	б) Запасные части	—	—	Потери:
Ветошь	—	—	—	в) Инструменты	15	0,0086	
Безвзв.	0,000083	24,42	0,002	Местные нужды:			а) трансф. повыс. 3%
Керосин	0,00024	12,21	0,00904	а) Освещение	191—40	0,10981	б) лнд. пер. выс. напр. . 10%
				б) Дрова	63	0,03613	в) пониз. трансф. 30%
				Ремонт зданий	48—47	0,02781	г) линии низкого напр. . 6%
				Канцелярск. принадлеж. .	145—26	0,0833	
				Спец-одежда	36—37	0,0208	
				Транспорт матер.	9—68	0,00555	Всего 22%
				Командировки	17—62	0,01011	
				Амортизация оборудов. .	1743	1,000	
	—	—	2,8		5430—84	3,1157	Стоимость 1 квт час у абонента равна $6,34 : 0,78 = 8,13$ индексных к. = $8,13 \times 1,85 = 15,04$ к.

П Р Я М Ы Е Р А С Х О Д Ы				К О С В Е Н Н Ы Е Р А С Х О Д Ы			П р и м е ч а н и е
В ы р а б о т а н о 174300 квт часов				Наименование	Общий расход	Расход на 1 квт час	
Наименование материалов	Расход материалов на 1 квт час	Стоимость единицы материала	Стоимость материала на 1 квт час	Контора	91—97	0,1204	Общая стоимость 1 квт часа 1,395 + 2,727 = 4,122.
Топливо (дрова)	4,1942	0,2442	1,0242	Персонал админ. и техн. . .	38—68	0,0506	
Масло машинное	0,01115	17,084	0,1906	" эксплуат. . . .	811—14	1,06173	
" цилиндровое	0,00724	18,315	0,1326	" ремонтный	—	—	На местные нужды тратится 8% от общего количества выработанной энергии.
Сольдо	0,000857	19,536	0,0167	Ремонт машин:	—	—	
Концы	0,000484	47,619	0,023	а) Материалы	—	—	Стоим. 1 квт час на шинах равна 4,122 : 0,92 = 4,48 индекса. к.
Керосин	0,0005	12,21	0,0061	б) Запасные части	—	—	
				в) Инструменты	5—00	0,0065	
				Местные нужды:			Потери: а) линии перед. выс. напр. 10% б) в понзит. транс. . . . 3% в) в линиях низк. напр. . 6%
				а) Освещение	—	—	
				б) Дрова	10—50	0,0137	
				Ремонт зданий	120—34	0,1575	Всего 19%
				Канцелярск. принадлеж. . .	46—35	0,06057	
				Транспорт матер.	190—03	0,2487	
				Командировки	5—62	0,00736	Стоимость 1 квт часа у абонента равна 4,48 : 0,81 = 5,53 индекса к. = = 10,23 к.
				Амортизация оборудов . .	736—96	1,000	
					2083—61	2,727	

Пример 10.

Стоимость 1 *квт/ч* электрической энергии, выработанной временными дизельными электрическими станциями.

(Земо-Авчалы).

Стоимость оборудования станций:

а) 3 дизель-генератора по 75 л. с.	60.000 р.
б) Запасные части к ним	5.515 "
в) 1 дизель-генератор 150 л. с.	40.000 "
г) Запасные части к нему	4.250 "
д) 1 дизель 150 л. с.	30.000 "
е) Для него генераторы	8.500 "
ж) Запасные части	7.879 "
з) Электрическая сеть (15560 кг меди)	4.275 "
Всего	198.894 р. =
	= 200.000 р.

Таблица стоимости 1 *квт/ч* по месяцам 1925 года.

Количество выработанных <i>квт/ч</i>	Апрель		Май		Июнь		Июль	
	Р.	К.	Р.	К.	Р.	К.	Р.	К.
Содержание обслуживающего персонала	919	34	1119	84	1353	98	1044	73
Стоимость текущего ремонта					232	39	99	45
Расход топлива	480	—	580	—	692	20	452	90
Расход смазочных материалов	350	—	272	—	311	52	244	—
Амортизация	2670	—	2670	—	2670	—	2670	—
Всего расходов	4419	—	4641	—	5259	49	4511	—
Стоимость 1 <i>квт/ч</i>	—	12,9	—	11,4	—	12	—	10,3

В заключение необходимо указать, что на практике не часто приходится оборудовать станции новыми машинами, а котлованы соответствующим оборудованием, потребляющим энергию станции, исходя лишь из принципа рационального подбора оборудования: часто используется имеющееся налицо новое или подержанное оборудование, вследствие чего приходится наблюдать несоответствие в мощностях двигателей и одновременное применение как центральной станции, так и отдельных установок, имеющих свои тепловые двигатели.

Часто это бывает экономичнее, а следовательно, целесообразнее, нежели оборудование станции заново при имеющемся оборудовании, хотя бы и не вполне отвечающим требованиям.

Однако, при этом надо знать границы и всячески избегать устройства отдельных установок без центральной станции; такая схема забракована практикой при сколько-нибудь значительных работах.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.

Переходная перемычка по готовому флютбету.

Так как лишь в редких случаях оказывается возможным выстроить плотину в реке в одну очередь, то при переходе к работам второй очереди приходится считаться с необходимостью устроить правильную смычку секций флютбета.

Для этого устраивается переходная перемычка по флютбету, которая в зависимости от высоты напора и конструкции основной перемычки может быть однорядная или двухрядная.

Примером хорошей конструкции однорядной перемычки может служить Донецкий тип, применимый при подпорах до 3 м.

Рис. 105—107 изображают конструкцию перемычки в трех проекциях с показанием детали на рис. 108.

Перемычка представляет собой щит из 7,5 см обрезных досок, прибитых к стойкам гвоздями 18 см.

Доски с напорной стороны проконопачены, обиты войлоком и сверху обшиты вторым рядом досок, но тонких—2,5 см.

Нижними досками щит входит в паз брусев, втиснутых в бетон, чем достигается водонепроницаемость сопряжения щита с флютбетом.

Стойки внизу зажаты между брусом, заделанным в бетон, и швеллером и приболчены к последнему.

Швеллер насажен на заделанные в бетон болты, служащие для прикрепления пластин, прижимающих досчатый настил по бетону флютбета.

Швеллер был применен за неимением на месте работ уголков, которыми он может быть с удобством заменен.

Стойки сболчены с идущими в 2 яруса прогонами по середине и поверху; в прогоны упираются подкосы, поддерживающие щит, на который давит вода.

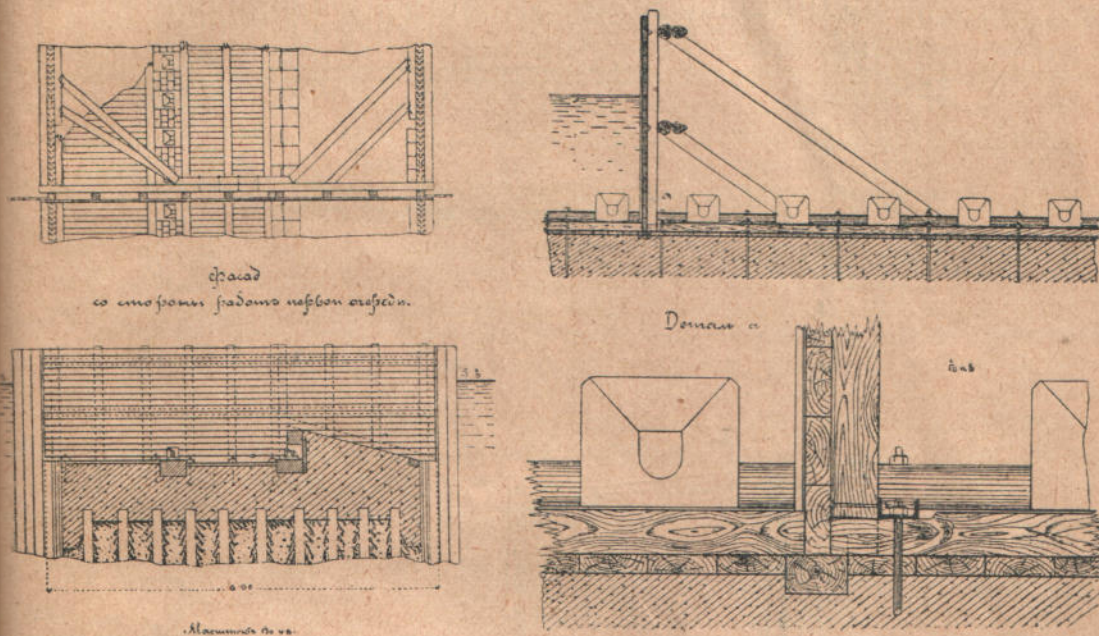


Рис. 105—108. Переходная перемычка Доленского типа.

Другие концы подкосов упираются в направляющие насадки шпунтовых рядов плотины и скрепляются с ними скобами.

Устроенная таким образом перемычка почти совсем не фильтровала.

Затрата рабочей силы на сооружение перемычки—87 дней работы плотников по 10 часов в день.

Контрактная стоимость перемычки с разборкой—525 р.

Разборка начиналась с отвинчивания гаек и всех болтов, которыми перемычка была прикреплена к флютбету плотины.

Затем снимались швеллера, в которые упирались стойки щита, и некоторые подкосы, поддерживающие перемычку в вертикальном положении, и котлован, огражденный перемычками второй очереди, наполнялся водой.

Когда горизонт воды в котловане сравнялся с горизонтом воды в реке, снимались остальные подкосы, поддерживающие перемычку, и приступали к вытаскиванию щита.

Для этого на верхней площадке устоя плотины устанавливали шпиль.

Канат, идущий от шпиля, был привязан сначала к одной из стоек перемычки с верховой стороны ее и 14 человек рабочих при помощи аншпугов вращали этот шпиль.

Когда канат натягивался, его быстро отпускали, чтобы расшатать перемычку. Затем канат, идущий от шпиля, привязывали к одной из стоек с низовой стороны той же перемычки, натягивали и отпускали канат.

Перемычка все более и более подавалась и через несколько таких раскачиваний она поднималась.

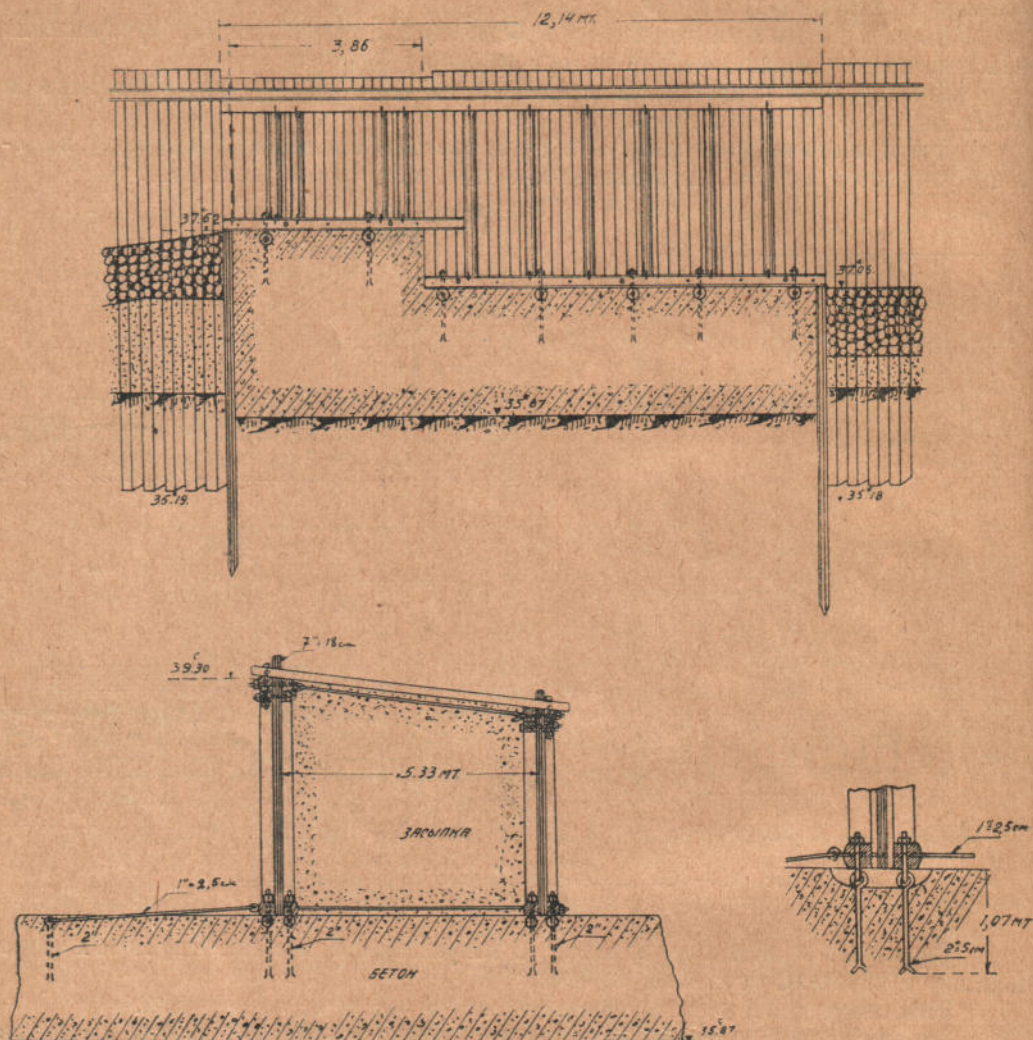


Рис. 109—111. Переходная перемычка Шекснинского типа.

Удаление перемычки потребовало 15 рабочих дней по 10 часов. Заняты были лишь чернорабочие и с ними 1 десятник (шестнадцатый).

Примером удачной конструкции двухрядной переходной перемычки служит описанный ниже тип перемычки, примененный на р. Шексне свыше 12 раз с 1913 г. по 1923 г. с одинаковым успехом.

Для установки перемычки на готовом флюте в бетон предварительно заделывались болты из 5 см (2") железа для прикрепления к ним нижних насадок перемычки и железных тяжей из 2,5 см (1") железа, предупреждающих сдвиг пере-

мычки (рис. 109—111). Под каждую стену перемычки было поставлено 7 пар болтов, из которых 5 пар приходилось на водобойную часть флутбета и 2 пары на порог.

Длина болтов, заделываемых в бетон, была принята в 1 м. Анкерные болты для тяжей ставились только с напорной стороны в расстоянии 4,25 м от перемычки: 3 на водобойной части и 2 на пороге.

По заделке в кладку болтов на них надевались парные нижние насадки из 6 верш. брусьев, отесанных на 3 канта.

Гайки болтов сначала подтягивались натуго и зазор между нижней поверхностью насадок и бетоном забивался паклей, после чего гайки подтягивались окончательно.

На насадки ставились стойки из 5 в. = 22 см бревен на взаимном расстоянии 1 саж. (2 м) друг от друга, врубались в нижние насадки шипами и соединялись с ними скобами.

Верхние концы стоек обделывались шипами и на них насаживались верхние насадки из брусьев $4\frac{1}{2}$ в. \times $4\frac{1}{2}$ в. (20 см \times 20 см), обделанных на 4 канта.

После этого устанавливались шпунтовые стены из 18 см (7") брусьев, плотно пригонявшихся один к другому. По установке шпунтовых стен на верхние брусчатые насадки были поставлены еще парные насадки из 5 в. (22 см) бревен, отесанных на 3 канта.

Это было сделано потому, что первые брусья были сильно ослаблены сквозными шипами стоек. После этого перемычка крепилась болтами.

Нижние схватки были соединены горизонтальными поперечными тяжами из 2,5 см (1") железа, проходившими сквозь обе стены перемычки.

На одном конце этих болтов делались нарезки, а на другом проушина, в которую вставлялся крюк тяжа, предупреждающего сдвиг перемычки. Верхние насадки из брусьев 20 см \times 20 см ($4\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{2}$ в.), соединялись болтами из железа $\frac{3}{4}$ " (2 см), расположенными на взаимном расстоянии 1 саж. (~ 2 м).

Для взаимного скрепления стен перемычки были поставлены поперечные схватки из 4 в. бревен, слегка врубленные в верхние насадки и соединенные с ними вертикальными болтами.

Расстояние между схватками было принято в 2 саж. (4,25 м); между ними на том же взаимном расстоянии были поставлены железные поперечные тяжи из 1" (2,5 см) железа, пропущенные сквозь верхние насадки (лучше 35 мм в условиях Шексинских плотин).

После этого щели между шпунтовыми брусьями конопатились с внутренней стороны и закрывались тонкими досками.

Этот тип переходной перемычки проверен опытом и оказался весьма надежным, способным исправно работать в течение ряда лет.

Разборка перемычки производилась следующим образом.

На льду устанавливалась лебедка, верхние насадки с наружной стороны снимались (разборка производилась зимой за месяц до ледохода), свая клиньями отводилась от внутренней насадки и от соседней сваи. После этого верхушка сваи прикреплялась к канату, соединенному с лебедкой через подвижные блоки.

При натяжении каната свая сначала гнулась, а затем выскакивала из паза между нижними насадками. Иногда происходила поломка свай у верховой грани нижних насадок (не более 2—3 случаев).

Расход рабочей силы на постройку и разборку 1 пог. м переходной перемычки равен (данные 1923 года).

Рабочая сила	Постройка	Разборка	Всего
Плотников	2,65	0,37	3,02
Чернорабочих	4,24	8,13	12,4
Лошадей	—	0,244	0,244

Перемычка на Окских плотинах была применена аналогичной конструкции, вследствие чего не приводим ее чертежей.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ.

Уборка котлованов и удаление перемычек.

§ 1. Общие соображения; удаление перемычки с песчаной загрузкой.

По окончании бетонных работ и по установке металлических частей затопляемых участков плотины, с огражденной площади убирают все оставшиеся материалы, удаляют на берег все свободное оборудование, вагонетные пути, а после первоначальных шагов по разборке переходной перемычки перемещают на берег оборудование всех видов, находившееся за перемычками: насосы, моторы и проч.

По уборке насосов вода медленно начинает заливать огражденную площадь, повышаясь горизонтом.

К удалению перемычек приступают до уборки насосов.

Обычно со стороны котлованов перемычки сильно обсыпаны грунтом из котлованов.

Поэтому заблаговременное удаление деревянных частей однорядной перемычки вполне допустимо; то же надо сказать и о двухрядной, в особенности, если горизонт воды в это время держится низко.

При этом надо стремиться сохранить в целости лесной материал, получаемый от разборки перемычек.

Разборка перемычки с песчаной загрузкой происходит следующим образом.

Прежде всего освобождают от песка доски обшивки, для чего песок у стенки выкидывается наружу до дна перемычки. Иногда приходится вытаскивать доски обшивки из песка, если откидывание его почему-либо затруднительно.

В таком случае весьма удобно применять простой рычаг. В доске просверливается дыра и снастью прикрепляется к одному концу рычага.

Такой рычаг лучше действует не нажимом, а толчками: доска скорее отходит от песка.

Если козла настолько засыпаны песком, что их трудно вытащить, тогда оставляют их до тех пор, пока течение не снесет части песчаной отсыпи и затем уже вынимают их из воды краном.

При снятых досках козла легко разобрать на части. После разборки перемычных козел и обшивки снимают внешние стенки того или иного вида, устроенные для защиты отсыпи от волнения.

Водоотлив в это время поддерживается.

Несмотря на удаление деревянных частей (козел, досок и проч.), перемычка фильтрует не более, чем раньше, откуда видно, что главная роль дерева относится к первоначальному моменту, а в последующем песок уплотняется и становится мало-водопроницаемым.

Когда все дерево из перемычки убрано, приступают к разборке струеотводных щитов и охранных козел.

Если водоотлив прекратить, когда разобрано все дерево, включая струеотводные щиты, то песчаную отсыпь снаружи начнет размывать течением; заполнение огражденного пространства происходит, однако, медленно.

Чаше предпочитают впускать воду через перемычку, для чего в верхней части песчаной стенки на протяжении метров десяти сбрасывают песок настолько, чтобы площадка почти сравнялась с горизонтом воды; затем посредине пускают воду узкой канавкой.

К этому времени огражденная площадь должна быть очищена от материалов, оборудования и людей, так как после размыва канавки вода быстро сносит переднюю стенку и разрушает часть противоположной стенки, а боковые стенки обычно оказываются подмытыми обратным течением водоворота, образующегося в огражденном пространстве.

§ 2. Выдергивание свай.

Разборка свайных перемычек сводится преимущественно к удалению свай.

Выдергивание свай диктуется стремлением использовать материал отработавших свай, а иногда требованием технических условий, по которым свая должна быть срезана ниже заданной отметки, что иногда приводит к необходимости выдергивать сваю, вследствие затруднительности спиливания свай под водой.

Как известно, для извлечения забитой сваи требуется нарушить сцепление ее с грунтом, после чего свая обычно идет уже гораздо легче.

Поэтому рациональный механизм, предназначенный для выдергивания свай, должен удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Развивать большую силу в начале работы.
2. Ускорять извлечение сваи по мере того, как сопротивление сваи уменьшается.
3. Установка механизма должна производиться легко и скоро, не требуя по возможности сложных и тяжелых вспомогательных приспособлений.

Однако, в практике нет ни одного прибора, который бы отвечал полностью поставленным основным требованиям.

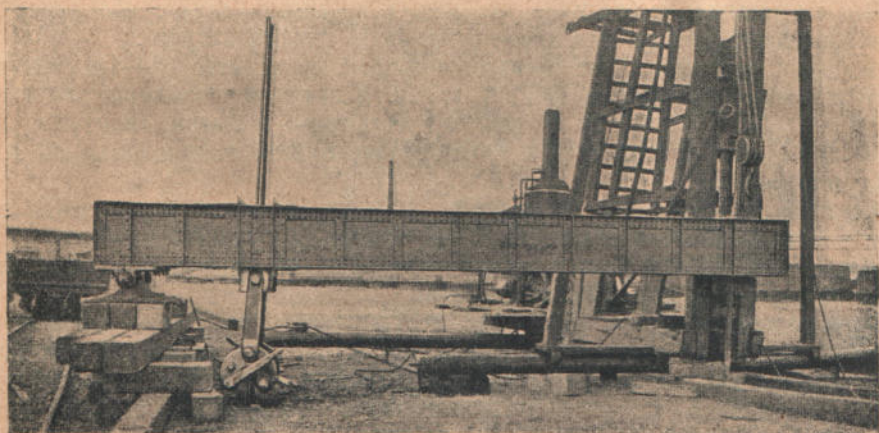


Рис. 112.

Поэтому сравнительная оценка и выбор прибора для выдергивания свай производится в каждом данном случае по практическим данным, которые мы ниже и приведем.

Простой рычаг или вага представляет собой длинное бревно, обмотанное на одном конце цепью или веревкой, связывающей бревно со свайей, и опирающееся на подкладку — клетку из брусев, служащую точкой опоры рычага (опора вблизи сваи при длинном другом плече).

Вага — простейшее приспособление для выдергивания свай, имеющее высокий коэффициент полезного действия и применяемое с успехом при глубине забивки свай до 1,50 м и реже до 2—2,50 м.

При большей глубине забивки свай рычаг не может быть так выгоден, вследствие внесевого направления силы, выдергивающей сваю.

Однако в Америке применяется вага также для выдергивания металлических свай, забитых на большую глубину (рычаг второго рода). При этом вага — балка, склепанная из металла; усилие передается не от рук рабочих непосредственно, а от механизмов (рис. 112).

При выдергивании свай перемычек для постройки плотин на р. Сев. Донце широко применялась вага.

На каждой ваге работала артель в 10—14 чел., которая и выдергивала за 10 час. работы в среднем 8—10 свай при средней глубине их набивки 1,50 м.

Грунты при этом были: песок, песчано-глинистый и глинисто-галечный грунт сооруж. № 3, 6 и 5 р. Сев. Донца.

Фаркопы представляют собой вертикальный винт $d = 50—63$ см, оборванный по середине, где оба конца его входят в широкую гайку, имеющую отверстие для помещения в него конца горизонтального лома $d = 20—26$ мм, другой конец которого вращается рабочими.

Верхний винт скреплен наверху с треногой, а нижним концом с нарезкой входит в гайку.

Нижний винт нижним концом соединяется при помощи хомутов со сваей, а верхним концом с нарезкой входит в гайку.

При вращении гайки ломом происходит сближение помещенных в гайку концов болтов за счет выдергивания свай из грунта.

Расстояние между концами болтов, находящихся в гайке, не превышает в начале выдергивания 7—10 см, а затем постепенно уменьшается.

Необходимо надлежащее распределение усилий на грунт от треноги, для чего к ее ногам прикрепляют толстые доски (4—5 см) укладываемые плашмя на грунт и передающие давление на большую поверхность.

Это совершенно необходимо, так как в противном случае сближение концов винтов происходило бы за счет погружения опор треноги в грунт.

Фаркопы дешевы и дают производительность примерно в 0,5—1,0 свай в смену на 1-го рабочего при глубине забивки 1,5 м. Меньшая норма выработки относится к грунту, содержащему гальку и гравий, а большая — к песчано-глинистому грунту.

Приборы были применены на р. Сев. Донце в 1913 г. при постройке плотины № 5 (хутор Дядин).

На приборе работает 2—3 человека и лишь в момент перемещения треноги требуется помощь извне в количестве 2—3 человек (с соседнего прибора).

Медленность работы фаркопа — его недостаток по сравнению с вагой, не требующей устройства и перемещения треноги.

Домкраты обладают невысоким коэффициентом полезного действия и требуют тщательной подготовки точки опоры. Все же часто применяются при выдергивании свай, так как не требуют устройства сложных и тяжелых приспособлений.

Обыкновенно 2 домкрата устанавливаются симметрично относительно свай и действуют на поперечину (рельс), скрепленную с этой последней.

В случае примитивного устройства захвата работа домкрата не может идти успешно.

Но и при более совершенном его устройстве работа идет весьма медленно, вследствие большой передачи механизма, когда она является уже излишней, а также вследствие периодических перерывов для опускания подъемного стержня в начальное положение и для наращивания опор.

Дифференциальные блоки и лебедки широко применяются у нас в СССР на гидротехнических работах при выдергивании свай, забитых на глубину до 2,50 м и выше. В качестве недостатка надо указать на тяжелую разную, требующую перестановок. Легкой разная не может быть, так как она воспринимает значительное усилие.

Однако, несмотря на громоздкость прибора, он неизменно применялся и широко применяется ныне при постройке плотин (р. Шексна), о чем свидетельствуют приведенные ниже данные. С помощью прибора выдергивались как круглые сваи, так и брусчатые шпунтовые.

Сложный рычаг с самостоятельной точкой опоры был изобретен в 1903 году инж. В. Л. Тагеевым.

Этот механизм представляет собой систему рычагов 2-го рода. Прибор инж. Тагеева требует неподвижной точки опоры ($\sigma - \sigma$), на которую передается $\frac{6}{7}$ сопротивления Q свай выдергиванию (рис. 113—117).

Движущая сила P должна быть приложена в точке $d—d$ и равна $\frac{1}{7} \cdot Q$.

При конструировании рычага В. Л. Тагеев исходил из величины потребного усилия для выдергивания свай, считая его равным $\frac{2}{3}$ от допускаемой нагрузки на сваю, т.-е. 700 пудов (11.500 кг).

Прибор состоит из 2-х рычажных систем в 4 ромба каждая, с передачей около 7, скрепленных захватным бугелем aa и сверху распорным dd .

Положение рычажных систем относительно бугелей симметричное.

Нижний бугель для скрепления со свайей имеет коническую поверхность.

Самое закрепление производится посредством закладывания между свайей и бугелем железных завершенных клиньев. Движущая сила, как было указано выше, прилагается в узлах dd , в опорных же узлах ee прибор снабжен пятовыми башмаками.

Цепь dgd , к которой прилагается движущая сила, захватывается крючками за кольца прибора в dd . Прибору придано было небольшое передаточное число вследствие того, что он предназначался для работы совместно с 2-х тонным дифференциальным блоком, что дает выгоды в работе при выдергивании свай, забитых на значительную глубину.

Для прикрепления блока при испытании прибора служила тренога весом 115 кг при длине ног 5,35 м и толщине их 11 см. Тренога рассчитана на давление 3000 кг. Прибор надевается бугелем на сваю и устанавливается опорами на деревянные брусья, располагаемые около свай. Между бугелем и свайей закладываются клинья и цепь блока, подвешенного к треноге, сцепляется с прибором и затем выбирается и вытягивает прибор, который сдвигает сваю.

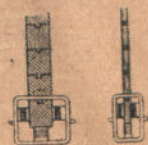
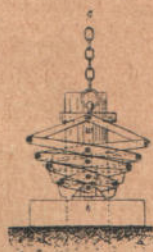
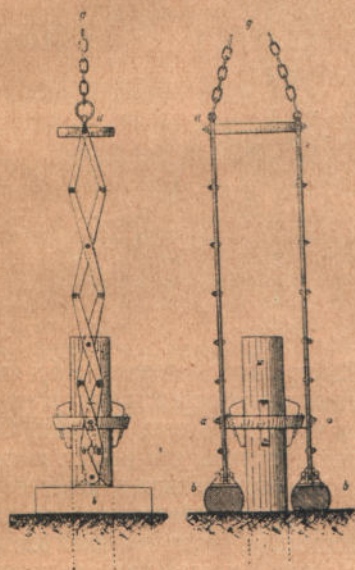


Рис. 113—117.* Рычаг инж. Тагеева.

Высота одновременного подъема свай $av = 30$ см.

После этого цепи талей травятся, прибор отцепляется, складывается и легким ударом по бугелю вниз освобождается от свай, устанавливается на деревянные подкладки и вновь заклинивается.

В это время цепь блока травится и когда она достигает прибора, то сцепляется с ним, после чего производится новый подъем.

На установку прибора, заклинивание и один полный подъем его требуется в среднем 10—15 минут времени и более.

После нескольких таких подъемов глубоко забитой свай является уже возможным тащить сваю одним блоком. Когда цепь блока будет вся выбрана, прибор складывается, цепь захватывается за бугель и свая вытаскивается на поверхность.

Вес самого механизма 130 кг при коэффициенте полезного действия его $\eta = 0,93$ (по данным инж. Тагеева).

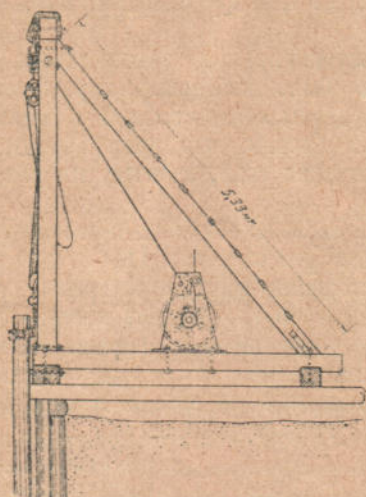
При испытании прибора в Петербургском (ныне Ленинградском) Коммерческом порту (1903 г.) точки опоры создавались либо укладкой брусьев на откосные сваи, либо забивались ручной бабой временные сваи. Тренога устанавливалась без затруд-

нений, так как ее точками опоры служили поперечные схватки, подкосные сваи и проч.

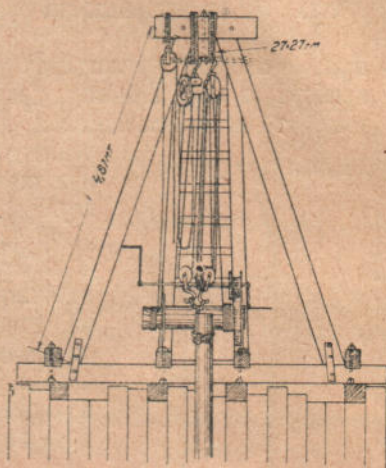
При выдергивании свай работало 3 человека, при чем достаточно было четырехкратного подъема свай прибором для нарушения сцепления, после чего сваи, достаточно глубоко забитая в грунт, легко и быстро вынималась двухтонным блоком.

Испытание показало, что применение рычага Тагеева вполне целесообразно при глубине забивки свай свыше 3 м. Для вытаскивания шпунтовых свай требуется лишь видоизменить захватную часть, как показано на прилагаемых чертежах.

БОКОВОЙ ВМЗ.



ФАСАД



ПОДВИЖ.

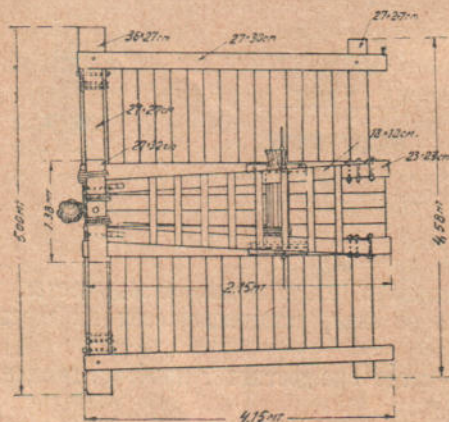


Рис. 118—120. Типовой чертеж приспособления для вытаскивания свай, примененного при разборке перемычки 3-й очереди плотины черепановских сооружений в 1923—1924 г.

Внутренние стороны бугеля, прилегающие непосредственно к свае, должны быть снабжены шипами. Совершенно очевидно, что прибор может быть построен с большим передаточным числом и действовать вполне самостоятельно, без применения блока.

Однако, предельная величина передачи, при которой прибор будет практически удобен, может быть найдена лишь опытным путем.

В заключение приведем сравнительные данные о результатах работы ваги и рычага Тагеева в Петербургском (Ленинградском) Коммерческом порту.

При глубине забивки свай от 0,85 до 1,50 м выдергивание производилось вагой, а при больших глубинах забивки перешли на применение рычага Тагеева, ибо горизонтальная слагающая действующей силы, направленной верх под углом к оси свай, прижимает сваю к земле и понижает эффект действия рычага — ваги.

Вагой было извлечено 5 свай, забитых на глубину до 1,5 м, что потребовало затраты 18 дней чернорабочих и 8 дней плотников чрезмерно. Надо заметить, что эти данные никак нельзя назвать обычными и характерными для оценки рычага — ваги (см. выше). Рычагом Тагеева было вынуто 5 свай при глубине забивки их в 2,20 м; 3,70 м; 4,80 м и 5,40 м.

На выдергивание всех этих 5 свай понадобилось 9 дней чернорабочих и 1 плотник.

Итак, рычаг Тагеева, по данным испытаний, предпочтителен при большой глубине забивки свай и вообще в случае потребной большой величины первоначального усилия, сдвигающего сваю (см. ниже).

Главное его достоинство — большое усилие в начальный момент, столь необходимое при выдергивании свай. Однако, это приспособление не проверено в продолжительной работе, вследствие чего нет возможности решительно закрепить за прибором инж. Тагеева определенное место в ряду прочих механизмов для выдергивания свай.

Выдергивание свай при постройке Черепановской плотины на р. Шексне.

Выдергивание свай в Черепанове имело место при удалении перемычек при постройке плотины и шлюза.

Для выдергивания свай двухрядных брусчатых шпунтовых перемычек применялись следующие механизмы и приспособления: ручная лебедка подвижные блоки, тали, стальные тросы и цепи.

Лебедка имела подъемную силу 1,5 т, тали 10 т, блоки — двойные и тройные.

Для глубоко забитых свай требовалось усилие до 20 т и выше, вследствие чего в начальный момент, при сдвиге сваи с места, приходилось допускать значительную перегрузку механизмов, доходившую до 50% и выше (см. рычаг Тагеева).

Все механизмы устанавливались на деревянной раме из брусков с треногой для подвязки блоков и тали (см. рис. № 118—120 и фотографии 121—122, изображающие последовательность работы при выдергивании свай).

Рама устанавливалась на лежнях, по которым и передвигалась от сваи к свае при помощи домов и лебедки.

Способ выдергивания круглых и шпунтовых свай почти один и тот же. На сваю надевались 2 хомута из цепей, один соединялся с подвижными блоками, а другой с талью.

Когда свая сдвинута с места и тяговое усилие ослабевает, работают только одной лебедкой через блоки, а таль останавливают и хомут снимают.

При выходе сваи из грунта она захватывается особым канатом с крюком и через неподвижный блок, укрепленный в верхней распорке треноги, поднимается лебедкой из воды.



Рис. 121.



Рис. 122.

При выдергивании шпунтовых свай приходится предварительно отклонять верхушку свай клином несколько в сторону, чтобы гребень вышел из паза, а другим клином отжать ее от насадки.

После этого на сваю одеваются хомуты.

Шпунтовые сваи в большинстве случаев выдергивались попарно и даже по три сразу.

Выдергивание шпунтовых свай по одиночке неудобно в том отношении, что часто сваи не выдергиваются и рвутся.

Один комплект механизмов, т.е. лебедка, блоки и таль обслуживались 10 рабочими (1 закоперщик и 9 рабочих).

Средняя выработка на 1 комплект при выдергивании круглых свай, забитых кустами, определялась в 12,6 свай за 8-часовую смену. Каждый куст имел 5—6 свай, расстояние между кустами 11—13 м, толщина свай 27 см, длина 8,50 м — 11 м, глубина забивки 2 м.

Расход рабочей силы на выдергивание одной свай: закоперщиков — 0,08, чернорабочих — 0,714.

При разборке брусчатых шпунтовых рядов (свайных) выработка на 1 комплект механизмов получилась 16,2 свай в 8 часовую смену. Грунт — глина с примесью ила и песка.

Длина свай 8,50 м, толщина 7''=18 см, ширина 18—22 см, глубина забивки 3,40 м, из которых 1,40 м — в песке и 2 м — в глине.

При этом расход рабочей силы на одну сваю был равен: закоперщиков — 0,061; чернорабочих — 0,554.

Работа производилась сдельно при работе 10 часов в смену. Казалось бы, что на выдергивание шпунтовых свай расход рабочей силы должен быть больше, так как глубина забивки их больше.

Однако, необходимо принять во внимание, что при выдергивании круглых свай в кустах после извлечения 5—6 свай раму с механизмами приходилось передвигать на 11—13 м, т.е. на каждую выдернутую сваю приходится около 2,15 м передвижки. При выдергивании же сплошной стены на одну сваю приходится передвижки лишь 0,20 м.

Кроме того, как было сказано выше, шпунтовые сваи почти все время выдергивались попарно, вследствие чего получалась большая экономия времени на зачालку свай, их подъем и удаление с места работы.

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ.

Оборудование работ строительным инвентарем.

Потребное оборудование работ по постройке плотины зависит от количества работ, условий снабжения материалами, состава проекта и его особенностей, грунтовых условий и поставленных сроков окончания сооружения. Количество работ влечет за собой усиление или уменьшение оборудования, а иногда повелительно диктует перейти к механизации там, где от ручной работы необходимо отказаться, вследствие имеющихся сроков на производство той или иной категории работ при малой обеспеченности рабочей силой или вследствие большого объема работы.

Условия снабжения материалами вынуждают прибегать к плавучим средствам (баржи, пароходы) или к устройству железнодорожных путей и приобретению паровозов, а иногда позволяют ограничиться вагонетными путями и конной тягой или даже без этой последней.

Грунтовые условия связаны с оборудованием свайных работ (грунт допускает забивку свай или нет) и водоотлива, который при толстом подстилающем водоносном слое гравия или гальки резко отличается от такового при глинистых грунтах, требуя гораздо больших затрат на приобретение насосов и двигателей.

Немалую роль играет также финансовая мощь органа, ведущего работы.

В результате в каждом данных условиях оборудование работ, даже близких друг к другу по объему и составу проекта, может сильно разниться одно от другого.

Ниже приводим 2 примера.

Первый относится к постройке шлюза и плотины № 3 на р. Сев. Донце (работа велась подрядчиком) и второй — к постройке плотины и шлюза на р. Шексне у дер. Черепаново (работа велась хозяйственным способом в 1922—1923 г.).

В первом случае оборудование было частью закуплено, а частью перевезено с только что оконченного подряда (Сев.-Донецк. ж. д.). Во втором — оборудование сохранилось с дореволюционного времени, а за время революции было весьма сильно исполнено.

Сооружение № 3 р. Сев. Донца (1912—1913 г.).

Цемент был доставлен на сооружение в баржах в высокую воду Донскими пароходами. Камень также подвозился весной баржами из Быстрианского карьера и других (12 км от места работ до карьеров).

Перемышка шпунтовая из досчатых свай $\delta = 7,5$ см. Водоотлив значительный. Огражденная площадь первой очереди — 36.000 кв. м². Грунт слабый, потребовавший свай под основание плотины и шлюза.

Шпунтовые доски — машинного приготовления. Лес доставлялся весь жел. дорогой в обработанном виде. Срок постройки шлюза и плотины — двухлетний. Стоимость работ кругло 1 милл. руб. Работа в 2 смены по 10 часов.

При таких обстоятельствах ведомость оборудования сооружения № 3 главнейшим строительным инвентарем имеет вид:

1. Вагонетных путей (11 фунт. рельсы)	3000 пог. м
2. Вагонеток Дековия к ним, из них тормозных 15%	50 шт.
3. Копров паровых сист. Арциша с бабами весом 1500/920 кг и лебедками	5 "
4. Котлов вертикальных к ним	4 "
5. Насосов центробежных:	
10"	1 "
8"	1 "
6"	1 "
5"	1 "
6. Электромоторов к ним и бетоньеркам	6 "
7. Нефтяной двигатель „Скандия“ на 15 лощ. сил	1 "
8. Локобилей центральной станции	2 "
9. Динамо центральной станции	2 "
10. Бетоньерок производительностью 5 куб. м в час	2 "
11. Талей 8 для установки штучных камней	4 "
12. Домкратов различной силы	5 "
и проч.	

Черепановская плотина на р. Шексне (1922—1923 г.).

Цемент доставлялся в баржах в высокую воду с Волги (г. Вольск). Камень подвозился, главным образом, по жел. дор. узкой колеи, проложенной на 8 км к карьерам, а также в баржах из карьера, расположенного на Шексне. Подвижной состав — вагонетки с деревянными кузовами, тяга — паровозом.

Перемышка брусчатая шпунтовая. Водоотлив умеренный. Под основание плотины забиты сваи. Темп работы — быстрый, 3 смены в сутки. Сообщение с главной конторой (Череповец) собственным пароходом. Доставка многих материалов и продовольствия — также из Череповца по воде.

За время революции инвентарь возрос до пределов, не вызываемых действительной необходимостью в нем, вследствие чего в ведомости показываем лишь фактически работавшее оборудование.

1. Баржа длинной	45,50 м, шир. 8,50 м (для перевозки камня).
2. То же	38,35 " " 8,50 " (для перевозки материала).
3. Катер	50 лощ. сил, пассажирское сообщение.
4. Пароход	45 ном. лощ. сил.
5. То же	25 " " "
6. Шаланды по 30 куб. м.	
7. Землечерпательница.	
8. Локомобиль Мальцевских заводов	33 лощ. сил (силовая станция).
9. То же	33 " " " "
10. То же	20 " " (лесопилка).
11. То же	15 " " (камендробилка).
12. Динамо машина постоянного тока	230 в, 25 квт (силовая станция).
13. То же	25 квт (силовая станция).
14. Электромоторы постоянного тока 220 в:	
23 лощ. сил	1
18 " "	1
18 " "	2
14 " "	2
12 " "	1
8 " "	1
15. Паровых копров с котлами Шухова пов. нагр. 10 кв. м	5 шт.
Бабы к ним от 1400 до 1720 кг	5 "
Лебедки	5 "
16. Насосы центробежные:	
10"	1 "
8"	1 "
6"	1 "

Для водоотлива
и бетоньерок.
для мастерских.

17. Насос паровой Вортингтона для подачи воды к станции производ.	18 куб. м/ч.	1	..
18. Камнедробилка производ.	40 куб. м за 8 час.	2	..
19. Лесопильная рама производ.	80 дерев. в 8 часов	1	..
20. Паровые лебедки для вывозки грунта из котлована:			
12 лощ. сил		1	..
8 " "		1	..
21. Паровозы для подвозки камня из карьера по 40 лощ. сил		2	..
22. Вагонеток паровой тяги (вместимостью по 2,5 куб. м) для подвозки камня.		28	..
23. Вагонеток Дековилля емкостью до 0,7—0,9 куб. м		50	..
24. Вагонетных путей		10	к.м.
и проч.			

В заключение отметим, что при децентрализации строительства и нахождении работ в ведении местных административно-хозяйственных органов оборудование не может быть значительным на работах среднего масштаба (объем строительных работ от $1\frac{1}{2}$ милл. р. до 3 милл. р.), так как приобретение полного оборудования лишь на одну работу не имеет смысла: трудно выгодно и во-время продать его и еще труднее собрать дополнительные суммы на покупку.

Поэтому в каждом отдельном случае необходимо тщательно разобраться во всей совокупности условий и назначить потребное оборудование, исходя из этих условий, объема и срока работ. Указанная оценка должна быть произведена опытным строителем.

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ.

Накладные расходы и порядок составления сметы.

В довоенное время сметы составлялись по Урочному Положению на основе справочных цен на строительные материалы и рабочую силу в данном районе с начислением % на вспомогательные работы по § 7 Урочного Положения и накладных расходов (содержание служащих и проч.).

Упомянутые цены обычно принимались из осторожности с округлением в сторону запаса из тех соображений, что приступ к большим работам неизбежно вызывает вздорожание цен.

Далее подсчет по Урочному Положению в его прежнем виде также вносил некоторый запас в исчисленную смету (ныне Госпланом устанавливаются коэффициенты для перехода на 8-часовой рабочий день, снижающие расходы на заработную плату).

Содержание штатов и проч. виды накладных расходов входили обычно 4—10%. 4% относится к случаю, когда работы требовали лишь найма среднего технического персонала и низших служащих при наличии высшего технического персонала, ведущего одновременно другие работы. 10% относится к случаю, когда работы требуют приезда решительно всех участников работ, не имеющих уже возможности заниматься никакими другими постройками.

Примером первого случая может служить вновь открывающаяся работа в порту при имеющемся делении порта на строительные районы. Работа попадает в ведение соответствующего старшего производителя работ.

Примером второго случая может служить постройка гидроэлектрической станции, требующая создания специального аппарата или шлюзование реки, требующее также создания заново аппарата в новом месте.

Составленная указанным образом смета на торгах нередко подвергалась сокращениям, и подрядчик, взяв работу и выполнив ее, обычно имел прибыль.

Причины последнего отчасти указаны:

1. Наличие запаса в смете при исчислении заработной платы.
2. То же в материалах (коэффициенты).
3. Кроме того, подрядчик вел работы с минимумом накладных расходов, не обремененный никакими формальностями.

4. Подрядчик вел работы лицами опытными, хорошо знающими хозяйство и организацию работ и поставленными в условия, выявляющие максимум энергии и инициативы (высокая оплата труда главных работников, большие полномочия).

Практика рассмотрения в центре проектов гидроэлектрических станций при сложной гидротехнической схеме, т.-е. таких станций, где преобладают гидротехнические сооружения (плотины и проч.), указывает, что неизменно происходит уменьшение представляемых смет.

Анализ смет и условий их прохождения заставляет отметить следующие обстоятельства, которые в большем % повторяются в различных проектах:

1. Обычно проект и смета представляются без достаточных геологических и топографических изысканий; произведенные более подробно изыскания нередко выявляют новые расходы.

2. Строительные изыскания неизменно отсутствуют, т.-е. отсутствуют обоснованные данные об условиях получения и доставки к месту работ строительных материалов; берутся глазомерные, излишне оптимистичные цены; расходы на внутренний транспорт материалов на работах оцениваются недостаточно.

3. Цены на рабочую силу показываются вне связи с наблюдающимся ростом заработной платы рабочих; между тем справка о фактических ценах на ближайшей крупной строительной работе изменила бы дело.

4. Придается преувеличенное значение наличию в котлованах под плотину и проч. песка, гальки, скалистого грунта в предположении, что песок тут же пойдет в бетон, галька то же; скалистый грунт, снятый на некоторую толщину, идет в кладку. В действительности песок может оказаться слишком мелким и невыгодным для кладки, галька — требующая длительной и невыгодной промывки, от которой легче отказаться, набив щебень; скалистый грунт — негодным в своих верхних слоях для хорошей бутовой кладки. Оценка временных сооружений не входит в смету, что ошибочно (жилища, хозяйственные постройки, подъездные пути, тепляки) или входит в суммы, не отвечающих имеющимся опытным данным.

5. Громоздкость организации большинства строительных работ не отвечает официальным размерам накладных расходов — 8%.

6. Отсутствие преемственности опыта в техническом персонале, который на вновь открывающихся работах подбирается обычно из лиц, тяготеющих к ведению данной работы, а не из лиц, выполнивших ряд гидротехнических работ с надлежащими результатами.

Последнее обстоятельство играет громадную роль и в значительной мере им надо объяснить наличие п.п. 1—5.

Факты, накопившиеся за период 1922—1926 г.г., красноречиво подтверждают последнее положение.

Отбор действительно ценных работников может быть произведен в естественном порядке лишь при создании постоянного аппарата для выполнения гидротехнических работ по СССР, действующего на основах коммерческого расчета или бюджета. Таковых работников не много, но для выполняемых ныне работ достаточно.

Кроме указанных расходов, при составлении сметы в современных условиях необходимо до начисления накладных расходов увеличить расходы на рабочую силу, найденные по Урочному Положению с поправочными коэффициентами, на 20—30%.

Сюда входит: социальное страхование, оплата отпусков, выходного пособия, коммунальные услуги, культурно-просветительная работа и Постройком, ученичество, амортизация инструмента, спец-одежда, территориальный сбор.

В данное время большинство работ имеет указанных расходов в размере минимум 30% от заработной платы. Однако, имеется тенденция довести расход этого вида до 20% на заработную плату. Начисление 8% общих накладных расходов должно иметь место после начисления накладных расходов на заработную плату.

В показанные 8% должны войти расходы на содержание штатов, командировки, служащих, канцелярские, почтово-телеграфные расходы, транспорт для служащих, агентства и представительства и проч.

Таким образом, порядок составления сметы получается следующий:

1) Подсчитать по Урочному Положению с поправочными коэффициентами все основные сооружения с учетом внутреннего транспорта материалов.

2) Временные сооружения также, взяв их по действительной потребности (жилые помещения), хозяйственные постройки, подъездные пути, перемычки в реке, тепляки и проч. включая в водоотлив.

3) Выделив в расценочной ведомости расходы на рабочую силу по п.п. 1+2+3, начисляем минимум 20% на заработную плату.

4) От суммы расходов по п.п. 1—3 берем 8% и складываем расходы по п.п. 1—4; получаем сметную сумму.

Аренда оборудования строительного инвентаря или списания в фонд возобновления и % на капитал прибавляются к смете после начислений 20% на заработную плату за время им пользования при 6% на затраченный капитал.

Этот вид расходов надо принимать в 25% в год от стоимости оборудования, работавшего данный год. В случае покупки оборудования для исчисления первоначальных затрат надо взять стоимость оборудования, показав ее в смете.

Теперь о наиболее удачной форме сметных ведомостей.

Прежде всего составляется записка об условиях получения и доставки главнейших материалов с исчислением стоимости их у места употребления их в деле, а также данные о стоимости рабочей силы. Затем составляется расценочная ведомость, из которой готовят две новых ведомости: одну с показанием лишь количества рабочей силы и ее стоимости, а вторую — с указанием лишь количества материалов и их стоимости.

Далее по каждому сооружению (плотина, шлюз, головное сооружение, канал, напорный бассейн, трубопровод, станция, шлюз-регулятор) составляется смета в виде ведомости с перечислением работ, необходимых для выполнения данного сооружения (по вертикали), а по горизонтали — цены из расценочной ведомости отдельно на рабочую силу и отдельно на материалы, с показанием сумм на то и другое, а также итога этих двух сумм по каждой работе. Таких ведомостей получим по числу сооружений. Затем составляем сводные ведомости материалов и рабочей силы и сводную ведомость — смету, в которой слагаемыми будут (по вертикали) стоимости каждого сооружения (плотина, станция, шлюз).

В этой последней ведомости показываем начисление общих накладных расходов и окончательную сметную сумму.

При составлении проекта шлюзования р. Сев. Донца в смету вошли (1911 г.):

1) Стоимость сооружений, согласно расценочным ведомостям и количеству работ.

2) На инструменты и приспособления 3%

3) На непредвиденные расходы 5%

4) На администрацию и технический надзор 4%

Кроме того, вошли расходы:

а) на отчуждение затопляемых земель,

б) „ „ земли под бечевник,

в) „ „ „ „ сооружение,

г) „ „ „ мельниц,

д) „ приобретение землечерпательного каравана.

Однако, при рассмотрении сметы в Управлении Внутренних Водных путей подвергся изменению принятый % непредвиденных расходов, увеличенный с 5 до 15% по следующим соображениям:

а) камень в момент составления сметы не испытан; поэтому может случиться, что близлежащий камень не будет пригоден, а потребуются возить его издалека;

б) стоимость водоотлива трудно предвидеть (к тому времени не было опубликовано никаких данных о стоимости водоотлива);

в) в русле реки со времени изысканий (1904 г.) могли произойти изменения, повышающие количество предстоящих работ.

Работы были сданы с подряда по единичным ценам. При исполнении работ оказалось, что непредвиденные расходы действительно превышают 5% по причинам, правда, в главнейшем из-за недостаточно подробно составленного проекта и недостаточности геологических изысканий, (сооружения строились по эскизному проекту по нарядам технадзора в отношении детализировки сооружений по ходу работ), а также вследствие неучета возможного затопления работ паводками 1912 года.

При устройстве временной деревянной плотины с фермами Поаре в устье р. Сев. Донца (1913 — 1914 г.) строитель составил отчет в виде сметы, из которого видно, что:

1) непредвиденные расходы (бурение, ремонт оборудования после затопления котлована, дополнительные транспортные расходы по доставке оборудования) составили 1472 р. 85 к. из общей суммы 71427 р. 70 к.,

или выражая в ‰, имеем: $\frac{1472 \text{ р. } 45 \text{ к.}}{71427 \text{ р. } 40 \text{ к.} - 1472 \text{ р. } 85 \text{ к.}} \cdot 100 = 2,1\%$

2) содержание администрации, разъезды и канцелярские расходы 4‰

3) экономия по смете 10‰

Работы сдавались по частям рядчику, опытному в гидротехнических работах.

При переустройстве системы Виртембергского (1916 — 1917 г.) работы велись полностью хозяйственным способом.

При этом содержание низшего технического персонала предусмотрено в 6‰

На администрацию работ 4‰

Непредвиденные расходы 6‰

Премии техническому надзору 1½‰

Работа требовала большого аппарата, объединяющего отдельные постройки (8 шлюзов и 4 плотины, каналы и проч.).

За время фактически производившихся крупных гидротехнических работ на реках в период 1922 — 1924 года при объединении их из единого центра и надлежащем руководстве из Отдела Водного Строительства ВСНХ СССР накладные расходы на зарплату составляли от 30 до 35‰, а прочие накладные расходы давали до 12‰ от строительной части сметы и слагались, примерно, из следующих:

а) содержание служащих с их командировками 6‰

б) наем помещений, их оборудование инвентарем, канцелярские и почтовые расходы, транспорт для служащих, агентства, представительства, низшие служащие и проч., и проч. 6‰

С той поры до настоящего времени условия производства работ улучшились, расходы на штаты сократились.

Впрочем, расход на жилища должен войти в смету отдельным параграфом, а не в накладные расходы, каковые фактически менее 12‰.

В случае, если изыскания произведены не достаточно подробно и проект лишь предварительный (без детализовки), то обязательно надо иметь графу непредвиденных расходов.

В ней надо показывать от 5‰ и выше, в зависимости от направлений, создающих возможные дополнительные расходы, как-то:

1) увеличение количества работ, вследствие недостаточных исследований;

2) увеличение мелких расходов по проекту, неучтенных в смете;

3) увеличение цен на материалы, вследствие недостаточно учтенных условий их получения.

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ.

Краткие сведения о производстве работ по постройке плотин в Америке.^а

В настоящей главе приведем некоторые сведения о постройке каменных вододержательных плотин в Америке, сгруппировав сведения по видам работ, как и в предыдущем изложении.

При этом касаемся лишь наиболее характерных моментов, не слишком оторванных от условий производства работ в СССР.

§ 1. Земляные работы.

В верховой части основания плотины устраивается для большей устойчивости и непроницаемости особая траншея не только в пределах плотины, но и под бере-

говыми опорами. Эта траншея имеет в различных плотинах различные размеры, как указывает нижеследующая таблица:

Название плотины	Ширина траншеи м	Глубина ее м	Грунт
Arrowrock	3	3	Гранит.
Elephant Butte	3	4,5	Песчаник и сланец с трещинами.
Olive Bridge	6	9	Асфид с глиной.
Gilboa	6	9	Песчаник с трещинами.

Следует избегать насколько возможно взрывных работ. Если же таковых избежать нельзя, то останавливаются на взрывчатых веществах наименьшей силы, например, черный порох.

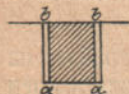


Рис. 123.

Начинают с отделения от основания плотины той части, которая подлежит удалению взрывами (черт. 123). Это можно произвести, заложив ряд скважин по линиям, или проделывая по тем же линиям траншей (Gilboa).

§ 2. Подготовка основания.

По окончании земляных работ основание тщательно промывают струей пара или воды и возможно скорее прикрывают его, чтобы помешать атмосферному влиянию.

При постройке плотины Arrowrock разбрызгивали по основанию тонкий слой цементного раствора, которому давали затвердеть, а затем вычищали металлическими щетками: мелкие материалы, трудно удалимые в обычном порядке, легко очищались со слоем раствора.

Затем приступают к нагнетанию цементного раствора в трещины, а также в скважины, проделанные буром, предварительно, прочистив скважины струей воды.

Эти последние располагались через 3 м при различной глубине в зависимости от качества грунта.

Так, для плотины Arrowrock эта глубина равна 9 м (гранит), для плотины Elephant Butte — 15 м (песчаник и сланец с трещинами).

Верхняя часть скважины при этом упирается во избежание заклинивания бура при сверлении.

К пропитыванию основания цементом приступают лишь после того, как на него уложен слой бетона до 2 м толщины, так как в противном случае нагнетаемый под давлением жидкий раствор мог бы образовать новые трещины.

Трубы выводят над бетонным слоем (рис. 124) и оканчивают их гибким рукавом, соединяемым с нагнетательным прибором.

Наиболее употребительно давление 7 кг/см². Впрочем, все зависит от напора плотины.

В начале струя идет без давления, т. е. цемент идет под действием собственного веса. Затем нагнетают воздух, увеличивают давление, как только раствор перестает протекать. Консистенция раствора такова:

Elephant Butte 1 ч. цемента на 7 ч. воды.
Arrowrock 1 » » » 5 » »

Если скважина с самого начала всасывает слишком много раствора, прибегают к несколько более жирной консистенции, а затем при повторных явлениях ее вре-

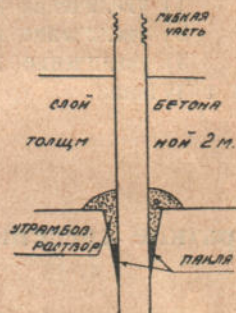


Рис. 124.

менно оставляют и переходят к другой, значительно удаленной от первой.

Это необходимо во избежание ослабления связи со скалой только что нагнетенного раствора.

По ходу работы нагнетание приостанавливается для промывки скважин и трещин.

По окончании работы накачивают воду под давлением несколько большим того, которое будет испытывать основание плотины при ее полной нагрузке.

Так, для плотины Elephant Butte, предназначенной для работы при 60 м напоре, испытание производилось при 7 атм.

Расход воды через трещины не должен превосходить некоторой определенной величины.

Для плотины Agrowgnock она принята в 13 л/ч.

§ 3. Выбор материала.

Бутовую кладку больше не применяют. Лишь в случае сильного давления льда облицовывают бетонную кладку естественными камнями или бетонными массивами.

Впрочем, от последних начинают отказываться в виду их непрочности.

Циклопическая кладка в настоящее время еще применяется, но все реже и реже.

Широкое применение имеет бетон, допускающий более быструю укладку, и при механизированных работах, требуя меньшего числа операций для транспорта.

§ 4. Бетонные работы.

Густота бетона выбирается так, чтобы бетон мог свободно протекать под действием своего веса по металлическим желобам, уложенным под углом 20° к горизонту, без распада на свои составные части.

Стоящий человек погружается в такой бетон, примерно, на 15 см.

Требуемая густота определяется таким образом.

Бездонный металлический цилиндр диаметром 15 см и высотой 13 см устанавливается на горизонтальной поверхности.

Этот цилиндр наполняется бетоном без трамбования; затем цилиндр поднимается, бетон садится и принимает форму усеченного конуса. Уменьшение высоты конуса по отношению к высоте цилиндра принимают в 10 см, что как раз отвечает бетону требуемой густоты.

Жидкий бетон, доставляемый трубами, достаточно однороден.

На место укладки бетон падает с высоты до 2 м и накладывается слоями толщиной от 1,20 до 1,80 м. Он не трамбуется, а просто разравнивается особыми валами и укатывается. Избыток воды, выступающий на поверхности, удаляется ведрами. Обычно в Америке не укладывают слоя бетона в плотину перпендикулярно кривой давления, во избежание уменьшения сопротивления бетона на откосе, вследствие скольжения уложенного слоя по предыдущему.

Однако, при постройке плотины Elephant Butte отдельные слои были слегка наклонены для увеличения сопротивления скалывающим силам.

При назначении состава бетона исходят из необходимости иметь материал достаточной прочности при минимуме затрат.

Для этого опытным путем находят наиболее экономичный состав, применяя камневидную составляющую от гравия до гальки (от 6 до 20 мм).

Например, при постройке плотины Barrett на 1 объем цемента приходилось 4 объема песка и 2 объема гравия от 6 до 37 мм, 2 объема от 37 до 62 мм и 2 объема от 62 до 200 мм.

При постройке плотины Agrowgock на 1 объем цемента приходилось $2\frac{1}{2}$ объема песку, 5 объемов гравия от 9 до 60 мм и 3 объема гальки от 60 до 100 мм.

Для увеличения водонепроницаемости напорной грани поверхность ее постепенно покрывается жидким бетоном с доведением толщины слоя до величины 1,80 м. (плотины большой высоты).

Затем покрывают напорную грань обычно составом Сильвестра, т.-е. сначала покрывают мыльным раствором (75 г на 1 л воды) и через 24 часа раствором квасцов (12,5 г на 1 л воды).

Способ дал хорошие результаты (Upper Otay).

Для незамерзающих водохранилищ часто применяется торкретирование при составе смеси: 1 ч. цемента и 2 ч. песка крупностью до 6 мм.

Замерзающие водохранилища требуют облицовки плотины камнем с расшивкой швов на глубину до 5 см и заливкой их жирным раствором (1 ч. цемента на 1 ч. песку).

Примеры — плотины New Croton, Pathfinder, Cheesmann.

Общий принцип устройства тела плотины заключается в том, что с напорной стороны до задней грани постепенно уменьшают водонепроницаемость с тем, чтобы вода, проникая в кладку с напорной стороны, дальше свободней доходила к наружному откосу, не задерживаясь в кладке. Устраиваемый дренаж тела и основания плотины перехватывает профильтровавшую воду и отводит ее в нижний бьеф.

Однако, в практике применяют лишь 2 разных раствора во избежание усложнения работ и надзора.

Необходимо отметить, что американские каменные плотины имеют дренаж с расходом воды от 10 до 50 л/сек.

Плотины строятся отдельными секциями, заключенными между 2 швами сединения. Иногда покрывают асфальтом одну из поверхностей этих швов, чтобы препятствовать сцеплению отдельных секций. При ведении работ и зимой поступают, как указано на черт. 125.



Рис. 125.

§ 5. Циклопическая кладка.

В случае применения циклопической кладки, объем камней составляет около $\frac{1}{3}$ от общего объема или $\frac{1}{4}$ от объема бетона.

Однако, на практике камней берется несколько меньше, так как часто укладка их замедляет общий ход работ и кроме того каменные карьеры иногда не успевают давать достаточного количества материала.

Величина отдельных камней ограничивается имеющимися на месте работ подъемными средствами.

Вообще, желательно употреблять наибольшие массивы, чтобы сократить общее время укладки.

Примеры.

Название плотины	Вес одного камня	Расстояние между двумя соседними камнями, в см
Wilson Dam	2 — 3 т	25
Shoshone	100 кг	15
Elephant Butte	Насколько позволили подъемные средства, в среднем 4 т	30
Pathfinder		15
Kensico		—
Ashokan		—

Камней обычно не укладывают близ внешних граней плотины, так что всегда имеется запас в 1 м между камнями и поверхностью кладки.

Прежде чем укладывать в бетон отдельные массивы, их нужно тщательно обмыть струей воды. Применяют 2 способа укладки массивов: при помощи дерриков бросают их в бетон с высоты 1 м (Wilson Dam) или сажают камни с помощью таких же дерриков, пошевеливают их аншпугами, чтобы камни погрузились достаточно в раствор. При схватывании раствора массивы не должны иметь движения.

В настоящее время циклопическая кладка не имеет особого распространения и ей предпочитают бетон с большим содержанием щебня.

В заключение отметим, что почти все построенные американские плотины имеют один недостаток: вода обходит их с боков. Склоны ущелья плотины Arrowrock были цементированы, вследствие чего эта плотина не имеет указанного недостатка.

§ 6. Оборудование работ.

Американцы при производстве работ широко применяют механизацию. Это вызывается не только соображениями скоростей и экономии, а также иногда недостатком рабочих рук в малонаселенных местах.

Часто американцы прибегают к такому оборудованию, которое нам может показаться чрезмерным.

Рассмотрим 3 случая:

- 1) плотины имеют весьма большую длину,
- 2) » » среднюю длину и
- 3) плотина в узком каньоне.

В первом случае бетон подается в вагонетках по вспомогательным путям (Wilson Dam).

Бадьи с бетоном поднимаются с вагонеток дерриками и подаются к месту укладки бетона, где они автоматически раскрываются и бетон вываливается.

Во втором случае бетон доставляется в бадьях, перемещающихся по канатной дороге (Arrowrock, Elephant Butte). Бадьи забираются дерриками или непосредственно разгружаются в кладку.

В третьем случае, если ущелье достаточно просторно, применяют исключительно одни деррики.

Таким образом, в зависимости от длины плотины имеем три разных способа доставки бетона: вспомогательные пути, подвесная дорога и деррики, и, наконец одни деррики. Самое бетонирование—из бадей или рукавами.

Иногда бетон подается по рукавам до распределительных башен, а от каждой башни по желобам к месту укладки. Этот последний способ неприменим для плотин большой длины.

Встречаются случаи комбинированных приемов доставки бетона.

Так, при постройке плотины Arrowrock дорога применялась преимущественно для нижней части плотины, а по мере повышения, вследствие кривизны плотины, воздушные пути могли обслуживать лишь отдельные пункты работ. Поэтому был проложен вспомогательный рельсовый путь. При большой высоте плотины, при работе канатных линий во избежание устройства высоких башен нередко возводят плотину не на всю высоту и заканчивают сооружение с помощью дерриков, подающих бетон с платформы в кладку.

Опишем лишь то оборудование, которое наиболее подходит к нашим условиям, если не как заведомо необходимое, то во всяком случае, как крайне желательное применением в современных условиях.

§ 7. Деррики.

Деррик состоит из вертикальной стойки ab (рис. 126), помещенной посредине горизонтального колеса R и наклонного подкоса ac , вращающегося около точки a в вертикальной плоскости abc .

Вращение колеса R позволяет придавать плоскости abc любое вертикальное положение. Движение подкоса ac происходит при помощи каната, прикрепляемого в c и проходящего в b через блок, и производится, как и колеса R или вручную, или специальным двигателем.

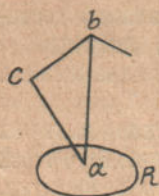


Рис. 126.

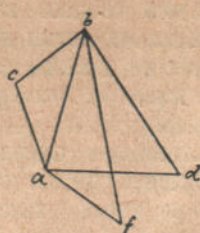


Рис. 127.

Стойка поддерживается в вертикальном положении при помощи вантов (Guy derricks) или при помощи канатов bd и bf (Stiff leg derricks). Равновесие достигается при помощи противовесов, помещаемых в d и f (рис. 127).

Вторые делаются обычно полностью из дерева, первые — или из дерева, или металлические.

Деррики имеют преимущество перед кранами, так как стоят дешевле. Помимо того, их сборка легка, почему они удобны при перемещениях. Приведем справку о дерриках типа Guy derricks.

Наибольшая подъемная сила в тоннах	1,5	3	6	10	16	24	32	40
Стойка: { длина в м . сечение в см.	10,2 20 × 20	12,6 25 × 25	15 30 × 30	16,5 35 × 35	18 40 × 40	19,5 45 × 45	21 50 × 50	21 55 × 55
Подкос: { длина в м . сечение в см.	7,50 15 × 15	10 20 × 20	12 25 × 25	13,5 30 × 30	15 35 × 35	16,5 40 × 40	16,5 45 × 45	16,5 50 × 50
Необходимая мощность в л. с.	12	16	20	30	40	50	60	70

Ниже приводим таблицу данных о Stiff leg derricks.

Наибольшая подъемная сила в тоннах	1,5	3	5	8	12	18	24	33
Стойка: { длина в м . сечение в см.	4,8 20 × 20	6,6 25 × 25	7,8 30 × 30	9,0 35 × 35	9,9 40 × 40	10,8 45 × 45	10,8 50 × 50	10,8 55 × 55
Подкос: { длина в м . сечение в см.	1,5 15 × 15	10,5 20 × 20	12,0 25 × 25	13,5 30 × 30	15 35 × 35	16,5 40 × 40	16,5 45 × 45	16,5 50 × 50
Необходимая мощность в л. с.	12	16	20	30	40	50	60	70

§ 8. Канатные краны.

Общие сведения о применении канатных кранов. В последнее время в американской практике при постройке плотин не слишком большой длины редко обходятся без применения канатных кранов. Это понятно. Они дают возможность обходиться без подмостей и подъемных приспособлений при возведении сооружений, пересекающих лог, ущелье или долину реки, когда строительные материалы подвозятся к сооружению сверху, а не снизу.

Применяются канатные краны как при удалении грунта, вынутого из котлована, так и для подачи бетона, камня, бетонных форм, цемента в бочках или мешках, а также машин, не превышающих по весу предельную нагрузку крана, и отдельных частей металлических конструкций. Был пример передачи с берега 20 т паровоза при помощи канатного крана (Engle Dam).

Особенно выгодна работа кранов при подаче бетона и транспортировании грунта.

Применяются краны также для выемки грунта. В этом случае они снабжаются черпаками особой конструкции.

Подача камня в кладку — менее выгодная работа, так как для одной и той же кубатуры кладки употребление в дело камня по сравнению с аналогичным количеством бетона вызывает большее число операций.

При постройке плотин краны устраивались различных пролетов, обычно в пределах от 100 до 550 м (50 до 250 саж.), но встречались установки значительно больших пролетов, как, например, на р. Аллегани в Пенсильвании, где кран имел пролет 665 м (312 саж.) при полезной нагрузке в 2000 кг (120 пуд.).

Большинство известных американских плотин выполнено при самом широком участии канатных кранов при нагрузке кранов от 2 т до 15 т при скорости передачи свыше 640 м (300 саж./мин.) и скорости подъема до 50 м (25 саж./мин.).

При этом высота башен изменялась от 17 м (8 саж.) до 40 м (18 саж.).

При налаженной работе краны находятся непрерывно в действии в течение 99% времени; 1% времени необходим для ремонта.

Конструкция кранов. Канатные краны устраиваются с неподвижными опорами, а также подвижными, перемещающимися по особым рельсовым путям.

При этом или обе опоры подвижны, или одна неподвижна, а другая перемещается по дуге круга около первой опоры, как центра. Подвижные опоры применяются в том случае, когда установка не обслуживает всего района работ, а потому через некоторые промежутки времени перемещается.

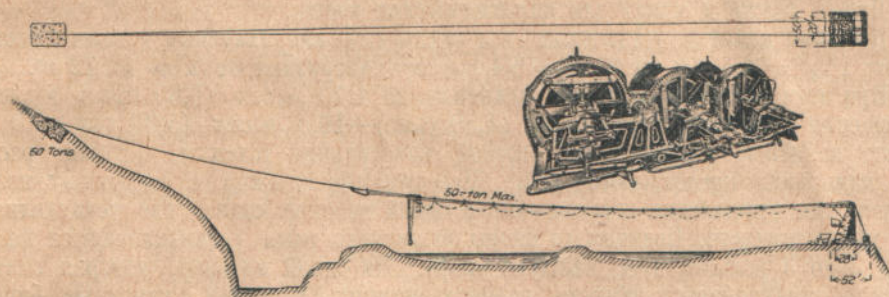


Рис. 128.

Для плотин значительной ширины употребляются несколько кранов, перекрывающих всю ширину плотины, или передвигающихся перпендикулярно оси плотины по мере производства работ. При этом расстояние между кранами берется небольшое 4,5—11 м (2—5 саж.) (Shoshone Dam, Blewett Falls Dam).

Груз нередко подается в сторону от канатной линии на 7,5—9 м (25'—30') (плотины в Южной Америке).

В случае, если верхняя надстройка плотины имеет значительную высоту и небольшую кубатуру, материалы подаются на особые разгрузочные платформы, откуда забираются дерриками (то же делается, когда плотина суживается вверх).

Платформы устраиваются по экономическим соображениям, чтобы не делать башни еще выше, а работу кранов для главной массы грузов менее продуктивной, а также в виду стесненного места работ в верхней части плотины.

Временные разгрузочные платформы поддерживаются легкой деревянной конструкцией, опирающейся в уже произведенную кладку (Cross River Dam), или поддерживаются козлами, расположенными по обе стороны плотины.

При этом обслуживающие плотину деррики также переносятся канатными линиями при перемене места своего расположения.

Конечно, желательнее обойтись без дерриков, если это возможно сделать, не удорожая сильно установку.

Канатные линии принимали участие также при постройке земляных плотин специально для устройства бетонного ядра плотины.

Результаты их применения оказались вполне благоприятными в американских условиях.

Башни устраиваются или в виде фермы, или стоечного типа, в зависимости от величины пролета, нагрузки и имеющегося свободного места для опор, при чем в Америке делаются чаще из дерева, в Европе — из железа. При этом первые снабжаются, кроме раскреплений, также противовесами, а вторые — только раскрепляются.

Высота башен определяется пролетом, провесом каната и высшим пунктом подачи материала.

Расстояние башни от берега не должно быть меньше высоты башни.

Краны строятся с применением для них энергии пара, сжатого воздуха или электричества.

Электрические краны устраиваются так, что ими можно управлять с любого пункта, чем облегчается управление краном и надзор за его работой. Рисунок 128 изображает канатный кран пролетом 324 м с подъемником.

Механическое оборудование канатных кранов. Каждый канатный кран должен быть оборудован необходимыми механизмами и машинами для подъема, передвижения груза и опрокидывания в воздухе ковша.

Иногда устраиваются краны и без этого последнего приспособления.

Канатов требуется несколько, а именно:

1) несущий или главный, 2) ведущий или тяговый, 3) подъемный и 4) поддерживающий — для поддержания провисающих ведущего и подъемного канатов.

Пушки также и канат для опрокидывания ковша.

Несущий канат в установках для постройки американских плотин имеет диаметр от $1\frac{3}{4}'' = 4,5$ см до $2\frac{1}{2}'' = 6,4$ см при нагрузках от 2 т до 12 т.

При этом скорости подъема доходили до 1,70 м/сек (0,80 саж.) и скорости перемещения достигали 9,50 м/сек (4,50 саж.) — 10,5 м/сек (5,00 саж.). В таких случаях канатные линии имели особой конструкции тележки, а также распорки между канатами, поглощающие удар. Передвижная тележка с подъемным полиспастом получает управление обыкновенно с одной из опор крана, где устанавливается будка для машиниста. Подвижные опоры башенного типа устанавливаются на рельсах, от 2 до 3 рельсов под каждую опору. На одной из опор, которая считается главной, устанавливается обычно паровая машина с котлом, канатные барабаны и необходимый балласт. Другая опора также загружается балластом. В случае малых пролетов и при опорах стоечного типа машинное отделение помещается в особом строении. Передвижение башен производится помощью системы блоков, закрепляющихся с каждой стороны опоры.

Скорость передвижения опор равна в среднем около 15—17 м (7—8 саж.) в минуту. В общем перестановка крана занимает 1—1½ часа.

Чтобы судить о силе двигателей, обслуживающих кран, приведем пример. При постройке Гатунских шлюзов (пролет кранов 240 м = 114 саж.) применялись: 1) лебедка для подъема, 2) мотор 150 л. с. для приведения ее в действие, 3) мотор для опрокидывания ковша, 4) мотор в 25 л. с. для поступательного перемещения груза.

Несущий канат (его толщина и прогиб во время работы крана). Провисание несущего каната определяется по формулам для нагрузки собственным весом или сосредоточенным грузом P .

Пусть S — натяжение каната, q — вес 1 пог. м каната, y — прогиб каната в точке, где натяжение равно — S , m — коэффициент безопасности, принимаемый обычно равным — 6, F — площадь сечения каната в см², K_* — разрывающее канат усилие в кг/см², γ — вес 1 кубического дециметра каната в кг, ξ — коэффициент свивания каната.

Для цепной линии имеем $S = q \cdot y$.

Кроме того $10 \cdot q = \xi \cdot F \cdot \gamma$ (см. Stephan, Die Drahtseilbahnen).

Отсюда

$$m \cdot S_{\max} = q \cdot \frac{10 \cdot K_*}{\gamma \cdot \xi}.$$

Величина $\frac{10 \cdot K_z}{\gamma \cdot \xi} = R$ — та длина в метрах, при которой канат разрывается от собственного веса, будучи вертикально подвешен.

Прогиб каната от собственного веса равен: $f_1 = \frac{1}{8} \cdot \frac{q}{H} \cdot \frac{l}{a} \cdot a^2$,
где H — горизонтальная составляющая силы S ,
 l — расстояние между опорами по прямой линии,
 a — его горизонтальная проекция.

В случае опор, расположенных на одинаковой высоте, имеем: $f_1 = \frac{1}{8} \cdot \frac{l^2 \cdot m}{R}$
при $l = a$ и $H = S_{\max} - q \cdot b$, где b — разность высот опор.

В случае приложения груза P общий прогиб $f = f_1 \left(1 + \frac{2P}{q \cdot l}\right)$.

В случае жильных канатов R принимают от 12500 до 18800 м.

Применим вышеприведенные формулы для канатных линий, обслуживавших Гатунские шлюзы.

При пролете $l = 240,00$ м, $P = 6000$ кг, $d_{\text{кан}} = 2\frac{1}{4}'' = 57$ мм, $f = 13,20$ м (Ляхницкий. Панамский канал).

При

$$m = 6, q = 1,55 \left(\frac{57}{20}\right)^2 = 12,60 \text{ кг/пог.м.}$$

получаем

$$f_{\max} = \frac{1}{8} \cdot l^2 \cdot \frac{m}{R} \cdot \left(1 + \frac{2P}{q \cdot l}\right) = 13,20 \text{ м при } R = 16360 \text{ м.}$$

Таким образом, для соображения при различных пролетах кранов о величине провеса канатов можем пользоваться приведенными формулами, принимая $m = 6$ и $R = 16360$ м.

Как уже упомянуто было выше, несущий канат при постройке американских плотин брался диаметром от $d = 1\frac{3}{4}'' = 4,5$ см до $d = 2\frac{1}{2}'' = 6,35$ см, и для пролетов от 250 до 300 м (120 до 150 саж.), при $P = 6$ т, его можно брать $d = 2\frac{1}{2}'' = 6,35$ см.

Производительность кранов. Производительность кранов или число рейсов тележки при данной нагрузке колеблется в зависимости от скорости подъема, перемещения, высоты подъема и длины пути тележки.

При средних пролетах 200—300 м (100—150 саж.) число рейсов в новейших установках равно 16—20 за 1 час. (плотина Jogysem; Гатунские шлюзы Панамского канала).

Эту норму можно принять за основание для соображений, не останавливаясь на рекордных цифрах, как, например, 30 рейсов в час.

Вообще в среднем можно считать месячную производительность канатных кранов в 700 куб. саж. = 6800 куб. м, что дает за день $\frac{700}{25} = 28$ куб. саж. = 272 куб. м, за час $3\frac{1}{2}$ куб. саж. = 34 куб. м (8-часовой рабочий день), за рейс $\frac{35 \times 13}{18} = 2\frac{1}{2}$ куб. ярд. = 1,9 м³, т.-е. обычную нагрузку бадьи канатного крана.

Персонал для обслуживания кранов. При обслуживании кранов необходим следующий персонал:

Машинист 1, помощник его 1, кочегар 1, смазчик 1, сигнальщик при бадье 1, общий надсмотрщик при работе нескольких кранов 1.

Расход энергии. О расходе энергии имеются весьма неполные данные. По ним на каждые 1000 пудов = 16380 кг транспортируемого груза надо полагать 10 квт/ч. Пролеты при этом имеются в виду до 200—300 м (100—150 сажен).

Стоимость оборудования и эксплуатации. Стоимость укрепления башен в американских условиях равна от 100 до 400 долларов. Стоимость подачи грузов канатными кранами, по американским данным, равна $\frac{1}{2}$ коп. с пуда (31 коп.

за 1000 кг) при пролетах около 200 м (100 саж.), считая % и амортизацию. При этом заработная плата рабочих, кочегаров и машинистов выше, нежели у нас до войны.

Так, на работах по постройке Чикагского осушительного канала при пролетах кранов до 200 м (от 80 саж. до 100 саж.) стоимость транспортирования скалистого грунта обходилась в 30 центов за 1 куб. ярд или 3,9 доллара за 1 куб. саж., т.е. 7 р. 80 к. за 1 куб. саж. = 80 коп. за 1 куб. м, включая стоимость загрузки, заработную плату бригады, стоимость угля, масла, расходы на ремонт и эксплуатацию.

Размеры заработной платы при этом были за 10-часовой рабочий день:

чернорабочий . . .	1,50 доллара	машинист	2,75 доллара
кочегар	1,80 "	надсмотрщик	3,00 "
механик	2,70 "		

Возможность применения канатных линий в русских условиях. В американских условиях считается, что канатные линии вносят экономию по сравнению с другими способами подачи материалов в размере 20%.

Во всяком случае даже при прочих равных условиях укажем на значительные преимущества канатных линий в применении к постройке плотины. При этом будем помнить, что применение их целесообразно, когда материалы подвозятся к сооружению сверху, а не снизу при пролетах, указанных выше.

1. Канатные краны позволяют развить весьма быстрый темп работ по сравнению с другими способами, тем самым удешевляя работу, так как сокращаются расходы на водоотлив и уменьшается время пребывания капитала в мертвом состоянии.

2. При этом оказывается возможным производить промежуточные операции, как, например, подъем, передвижение, нагрузку и выгрузку отдельных частей оборудования и материалов.

3. Отпадает надобность держать армию рабочих, которая никогда не дает строителю возможности составить программу работ с указанием сроков выполнения их (в русских условиях).

Каждый строитель плотин и плузов на р. Сев. Донце составлял программу работ, располагая опытом предыдущего года в тех же самых условиях. Несмотря на это, каждому пришлось сильно отступить от намеченного как в отношении бетонных работ, так в особенности в отношении земляных.

Причины исключительно в том, что трудно регулировать количество рабочей силы по своему усмотрению. Чаще уменьшение числа рабочих той или иной категории происходит вопреки воле строителей, и лучше всех выйдет из положения строитель, имеющий адреса многочисленных артелей рабочих, готовых по первому призыву его заблаговременно прибыть на место работ.

И этот единственный прием, которым не каждый располагает, в настоящих условиях, является мало пригодным в виду изменившихся социально-экономических условий в СССР.

4. При значительных паводках на реке канатные краны приобретают особую ценность, так как позволяют быстро удалять на берег вспомогательные приспособления и оставшиеся материалы.

Теперь о недостатках канатных кранов.

Таковые имеются.

1. Отдаленное положение работ является неблагоприятным обстоятельством для канатных линий, так как в случае каких-либо повреждений, могут встретиться затруднения при восстановлении правильной работы кранов.

2. Применение кранов вызывает необходимость приобретения дополнительного механического оборудования к тому, без коего заведомо нельзя приступить к работам.

Указанное обстоятельство играет роль при недостаточных ассигнованиях на работы, с чем всегда можно встретиться.

Первый из указанных недостатков канатных кранов уже учитывается фирмами, изготовляющими их. Все части кранов, работающих в таких условиях, устраиваются возможно проще, чтобы не испытывать затруднений в случае ремонта (пример: краны

данных, относящихся к производству работ по постройке плотин при помощи канатных линий в Америке.

НАЗВАНИЕ СООРУЖЕНИЯ	Размеры сооружений в м		НАЗНАЧЕНИЕ КРАНОВ	Число кранов	Пролеты кранов в м	Путь подъема кранов в м (макс.)	Лин. несущего каната в см	Конструкция опор	Высота башен в м	
	Ширина	Длина							Главных	Вспомогательных
Гатунские шлюзы Панамского канала	34	305	Подача бетона, форм и железа	4 сдвоен.	240	6 × 2	5,7	Башни подвижн.	25	25
Cataract Dam	—	255	Подача материалов в кладку.	2	324	—	—	Подвижные и неподвижные.	17	17
Barren Jack Dam	45	240	—	—	—	15	—	Подвижно.	28	31
New Croton Falls Dam	35	335	2— на плотине, 1— подача камня в дробилки.	2	437	4	—	"	28	—
Cross River Dam	35	275	Обслуж. плотину и каменоломню.	3	383	10	—	"	28	19
Olive Bridge Dam	58	305	Подача бетона, камня, угля.	4	466	12	5,7	"	—	—
Basin Green Dam	—	92	—	1	270	6	6,3	"	—	—
Nashua Dam	—	92	—	1	213	5	—	"	—	—
Lock and Dam West Virginia	—	—	—	1	458	4	6,3	"	—	—
Lock and Dam West № 10 Kentucky River	—	—	—	—	140	4	4,5	"	—	—
Ohio River Improvement of Fall at Louisville	—	—	—	1	415	2 1/2	4,5	Неподвижные стоечного типа.	25	30
Roosevelt Dam	—	337	—	3	348	15	—	"	38	8
Shoshone Dam	33	60	Подача бетона, удал. вынут. грунта.	2	388	10	—	"	15	15
Pathfinder Dam	—	130	—	2	383	10	5,0	"	30	30
Medina Irrigation Co Dam	—	170	—	2	364	10	—	"	21	21
La Bouquilla Dam	64	255	Подача бетона и камня.	4	360	10	—	Подвижные.	—	—
Lahontan Dam	183	420	—	1	375	10	—	Неподвижные.	—	—
Arrow Rock Dam	—	330	—	2	437	—	—	"	—	—
Engle Dam	—	362	—	3	400	15	—	"	—	—
Guyabal Dam	45	590	Камень и бетон.	—	437	—	—	"	24	32
					355	—	—	"	30	38
					335	—	—	"		

Примечание. При этом скорости подъема груза равнялась около 1,0—1,7 м в сек., а передвижения—5,30—9,50 м в сек.

Lidgerwood при постройке Pathfinder Dam). Наконец, можно пригласить особого специалиста мастера от фирмы, доставившей краны, на постоянную службу на время работы кранов.

Что касается второго обстоятельства, то будем полагать, что в случае недостаточных ресурсов вовсе не будет приступлено к новым крупным работам в СССР из тех соображений, что, потерпев естественную неудачу при слабых денежных средствах, на долгое время можно привить обществу скептическое отношение к возможности выполнения работ, отдалив их окончание на продолжительное время (пример: Панамский канал).

Далее, некоторые местности СССР подвержены весьма сильным ветрам.

Это обстоятельство не должно нас смущать в отношении канатных кранов, так как имеются примеры работ ими во время ураганов при переустройстве волноломов.

В заключение прилагаем таблицу данных, относящихся к производству работ по постройке плотин при помощи канатных кранов.

Данные о стоимости канатных линий по ценам 1912 года (цены на заводе в Америке).

Пролет в м	Высота башен в м	Диаметр несущего каната в мм	Емкость бадьи в куб. м	Часовая произв. крана в куб. м	Мощность машины	Число машин	Число котлов	Стоимость комплекта в долларах
135	15	38	0,76	22,8	30	1	1	3.700
180	18	44	0,76	19,0	40	1	1	4.600
210	22,5	44	0,76	17,5	40	1	1	4.800
240	24	44	0,76	16	40	1	1	5.000
270	27	44	0,76	14,4	40	1	1	5.300
300	28,5	51	0,76	13	40	1	1	5.800
330	30	57	0,76	11,4	40	1	1	6 500
360	30	57	1,52	22,8	50	1	1	7.600
450	33	64	1,52	18,2	60	1	1	11.000
600	40,5	70	1,52	13,7	75	1	1	15.000

Примечание. Цены показаны на заводе в Америке.

ГЛАВА ШЕСТНАДЦАТАЯ.

Составление ориентировочных производственного и финансового плана работ по постройке плотины.

Плотина обычно входит в состав группы сооружений, выстраиваемых с целью использования силы падения воды, шлюзования реки, отвода воды для орошения и т. д.

Следовательно, перед составлением плана работ мы должны иметь смету на каждое сооружение в отдельности с общим итогом всех затрат.

Возьмем случай, когда работы имеют целью получение гидро-электрической энергии.

В нормальных условиях к моменту готовности проекта необходимо сдать заводские заказы по договорам, так как выполнение заказов (турбины, генераторы, подъемные механизмы, щиты, трубопроводы) занимает большое время (см. гл. II).

Выговорив приемлемые сроки платежей по заводским заказам и заключив договор, получаем закрепленную часть финансового плана.

Конечно, до сдачи заказа на заводы уже должны быть грубые финансовые соображения о возможности осуществления проекта с финансовой стороны, примерно, в тот или иной срок, а также соображения о стоимости 1 квт/ч гидро-электрической энергии.

Тщательно выявив ресурсы первого года работ и подготовив соображения о финансировании работ в последующие годы (общий срок осуществления проекта в среднем 2—3 года), получаем финансовую базу для составления плана работ.

Учитывая платежи по договорам, находим пределы маневрирования финансами при ведении строительных работ.

Далее переходим к внимательному изучению гидрологической характеристики реки с точки зрения производства работ, а именно:

1. Выясняем время и продолжительность ледохода и ледостава.
2. Определяем величину возможного расхода воды за время производства работ (по отдельным периодам).

3. Находим отметки горизонта воды в реке в свободном состоянии, что необходимо для определения времени приступа к работам в реке (спад высокой воды, действие подпора из устья), а также для выяснения времени перерывов в работе.

4. По п.п. 1—3 находим величину строительного периода с момента спада высокой воды до морозов.

5. Собираем сведения о зажорах, что может повлиять на выбор высоты перемычек.

Затем составляем грубые прикидки, распределяя работы во времени по очередям выполнения, рассмотрев возможные комбинации, удовлетворяющие всему изложенному выше (финансы и гидрология).

При этом надо помнить, что здание станции должно сооружаться, вообще говоря, в первую очередь, чтобы не было никаких задержек в пуске машин к моменту готовности плотины.

Другими словами, желательно взять в первую очередь постройку станции и часть плотины, последнее—если позволяют средства.

Во вторую очередь войдет устройство оставшегося участка плотины и установка металлических затворов, а также монтажные работы по станции.

Если сооружения значительны, то будет и третья очередь, куда могут войти оставшиеся работы по плотине или головному сооружению и каналу к станции.

При этом все время надо отдавать себе ясный отчет о пропуске воды во время производства работ, делая необходимые гидравлические подсчеты, предусматривая временные донные отверстия в случае водосливной плотины и сопоставляя получающиеся горизонты воды выше плотины с высотой перемычки.

Начальный момент, от которого ведется построение плана,—это начало работ по постройке перемычки.

Надо стремиться к тому, чтобы к этой работе было приступлено возможно раньше по спаде высоких вод (высота перемычки).

По выяснении типа перемычки назначают срок для ее приготовления, не внося излишнего запаса, руководствуясь сведениями, приведенными в главе V и подсчетами рабочей силы, конструкцией перемычки и ее расположением в плане.

Этот период занимает обычно 2—4 недели в зависимости от длины и типа перемычки и наличия оборудования (копры).

Легкие земляные перемычки у береговых огражденных участков плотины устраиваются, конечно, еще быстрее.

На осушение огражденной площади, прорытие канав и устройство приспособлений для земляных работ надо брать срок от 3 до 5 дней при шпунтовых перемычках рассмотренной высоты и несколько больше для песчаных перемычек (до 7—8 дней при значительной высоте перемычек).

При толстом галечно-гравелистом слое, путем фильтрации доставляющем воду в огражденное пространство, надо брать также большой срок, до 7—8 дней.

Земляные работы с водоотливом занимают времени больше, чем это получается по смете.

Расходимость тем больше, чем подвижнее частицы вынимаемого грунта.

Мелкий песок требует прибавки до 40% времени к исчисленному по Ур. Пол. в случае поверхностного водоотлива при недостаточно опытном руководстве работами.

В общем земляные работы описанных сооружений требовали 3—5 недель.

Свайные работы занимают время, найденное в зависимости от числа копров, длины свай, глубины их забивки и характера грунта. Нормы приведены в главе VIII.

Обычно на этот вид работ дается по плану не свыше 3 недель, а при отсутствии в проекте свай под основание — до 2 недель.

Подвозка материалов к месту работ ведется во время земляных и свайных работ, так что подготовительные работы к бетонным требуют обычно лишь 2—3 дней.

Бетонные работы описанных сооружений требовали 3—5 недель, включая установку металлических частей, в зависимости от производительности бетоньерок.

Очевидно, в случае водосливных плотин бетонные работы переносятся в значительной части в тепляки, так как до бетонных работ требуется затратить до 3 месяцев при мягких грунтах, а к забивке перемычки нередко возможно приступить лишь в июне и даже июле (устья рек).

Так как максимальная непрерывность работ требует устройства тепляков и по экономическим соображениям, то нечего отказываться от них.

Впрочем, при начале работ в реке лишь в июле месяце тепляки неизбежны, если работы ведутся не на юге.

Устройство тепляков и оборудование их занимает 3—4 недели и более в зависимости от масштаба работ.

Первая цифра ближе к описанным нами работам.

Бетонными работами кончаются основные работы.

Остается удаление перемычек, которое требует времени от 1 до 3 недель в рассмотренных выше условиях.

Ориентировочный план работ нерационально составлять до деталей: это не будет нужно в деле, а за деталями легче упустить существенное.

Во время приступа к работам и по ходу работ неизбежно вносятся изменения, предусмотреть которые не в состоянии ни один опытный строитель.

Однако, опытный строитель до приступа к работам должен дать конечный срок по ориентировочному плану, оставляя за собой право передвижек промежуточных сроков.

Одновременно с назначением сроков для отдельных работ исчисляем среднее количество рабочих — сдельщиков на каждый недельный, десятидневный или двухнедельный период в зависимости от степени детализовки плана, вызываемый составом проекта и местными условиями (сдельная выработка = ~ 1,4 поденной и до 1,5).

Получаем график движения рабочей силы во времени. Этот график, при наличии в нем сильных пиков, может заставить пересмотреть план и распределить работу более равномерно, так как надо избегать резкого маневрирования рабочей силой.

Это вносит удорожание работ и сомнительные положения по плану в смысле сроков, так как не всегда можно немедленно найти добавочно 200—300 человек на короткий срок.

Если по количеству рабочей силы и сумме заработной платы получается, что месячный заработок квалифицированного рабочего меньше 45—50 рублей (это зависит от района и масштаба работ), то совершенно очевидно, что в плане указано неверное количество рабочих или показана недостаточная сумма на заработную плату, что чаще бывает, что неизбежно и выявится во время работ.

Поэтому, чтобы не вносить иллюзорность в план, это надо учесть заранее.

Кроме того, надо предусмотреть количество рабочих на вспомогательных работах.

С этого момента приступаем к выяснению размера затрат на бараки для рабочих и помещение для служащих и к определению числа занятых на них рабочих.

По календарному плану эти и другие аналогичные работы назначаем впереди забивки перемычки, стремясь к тому, чтобы рубка леса была возможна по плану в январе месяце и чтобы не было незаятых работой периодов при наличии набранных штатов служащих.

Надо избегать помещать в плане исключительно высокую производительность земляных или каменных работ: такой план, вызывающий мысль о нереальности его до осуществления, неизбежно окажется нереальным и при его осуществлении.

Затем переходим к составлению ведомости главного строительного инвентаря, нужного для постройки, анализируя каждый вид работы.

Далее вносим коррективы в смету, необходимость которых выявилась во время составления плана, и переходим к составлению финансового плана (план снабжения работ деньгами).

То же делаем в отношении снабжения работ материалами, округляя результаты в зависимости от условий получения материалов.

Работу заканчиваем составлением пояснительной записки к плану с подробным изложением оснований для построения плана.

